

MANUAL DE GESTIÓN INTEGRADA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

En Ciudades de América Latina y el Caribe



MANUAL DE GESTIÓN INTEGRADA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

En Ciudades de América Latina y el Caribe



Iª EDICIÓN – 2006



MANUAL DE GESTIÓN INTEGRADA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

(En base a la edición original: Manual Gerenciamiento Integrado de Resíduos Sólidos, 2001)

1ª EDICIÓN – 2006

MINISTERIO DE AMBIENTE Y
TERRITORIO – ITALIA

Director General
Corrado Clini

Director, División I, Departamento de
Investigación sobre Ambiente y Desarrollo
Paolo Soprano

Consultor, División I, Departamento de
Investigación sobre Ambiente y Desarrollo
Pierluigi Manzione

CENTRO INTERNACIONAL DE
INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO,
IDRC – Canadá

Secretariado de Manejo del Medio Ambiente –
Programa de Pobreza Urbana y Ambiente

Especialista Principal de Programa
Walter Ubal Giordano

Oficial de Investigación
Alicia Iglesias

Asistente de Programa
Clara Saavedra

Webmaster
María Noel Estrada

INSTITUTO BRASILEÑO DE ADMINISTRACIÓN
MUNICIPAL – IBAM

Directora General
Mara Biasi Ferrari Pinto

Directora de la Escuela Nacional de Servicios
Urbanos – ENSUR
Tereza Cristina Baratta

Directora de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente
– DUMA
Ana Lucia Nadalutti La Rovere

PUBLICACIÓN
Coordinación Técnica
Karin Segala

Contenido Técnico – Actualización y Adaptación
Gilson Leite Mansur
José Henrique Penido Monteiro

Capítulo 2 – Colaboración
Victor Zular Zveibil
Silvia Martarello Astolpho

Revisión Técnica
Andrea Pitanguy de Romani
Karin Segala

Traducción
Hernán Baeza

Proyecto Gráfico
Roberto Tostes

Coordinación Editorial
Sandra Mager

Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe / José Henrique Penido Monteiro ...[et al]; actualizado y adaptado por Gilson Leite Mansur y José Henrique Penido Monteiro; coordinación técnica de Karin Segala; traducción de Hernán Baeza. – Rio de Janeiro : IBAM, 2006.

264p.; 21 X 29,7cm

Adaptación de: Manual gerenciamiento integrado de resíduos sólidos, 2001.

1. Residuos sólidos. I. Monteiro, José Henrique Penido. II. Mansur, Gilson Leite. III. Segala, Karin (coord.). IV. Instituto Brasileño de Administración Municipal.

CDD 628.4

SUMARIO

PRESENTACIÓN	6
PREFACIO	12
I Situación general del manejo de residuos sólidos en los países latinoamericanos y del Caribe	14
1.1 Introducción	15
1.2 Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe	15
1.3 Tendencias para el sector de los residuos sólidos	22
2 Gestión integrada de residuos sólidos	28
3 Modelos institucionales y remuneración de los servicios	32
3.1 Concepto	33
3.2 Formas de administración	34
3.3 Remuneración de los servicios	39
3.3.1 Directrices para el cálculo de la tasa de recolección de residuos	42
4 Legislación y licencias ambientales	44
4.1 Introducción	45
4.2 Legislación	45
4.3 Licencias ambientales	47
4.4 Normas reglamentales aplicables a los residuos sólidos	48
5 Residuos sólidos: origen, definición y características	50
5.1 Definición de basura y residuos sólidos	51
5.2 Clasificación de los residuos sólidos	51
5.2.1 Respecto a los riesgos potenciales de contaminación del medio ambiente	51
5.2.2 Respecto a la naturaleza u origen	52
5.3 Características de los residuos sólidos	59
5.3.1 Características físicas	59
5.3.2 Características químicas	62
5.3.3 Características biológicas	63
5.4 Influencia de las características de los residuos sólidos sobre la planificación del sistema de limpieza urbana	63
5.5 Factores que influyen sobre las características de los residuos sólidos	65
5.6 Proceso de determinación de las principales características físicas	66
6 Proyección de la cantidad de residuos sólidos	70
7 Acondicionamiento de residuos sólidos	74
7.1 Concepto	75
7.2 La importancia del acondicionamiento adecuado	75
7.3 Características de los recipientes para acondicionamiento	76
7.4 Acondicionamiento de los residuos domiciliarios	78
7.5 Acondicionamiento de los residuos de la vía pública	80
7.6 Acondicionamiento de residuos en áreas de baja densidad demográfica y de bajos ingresos	82
7.7 Acondicionamiento de los residuos de grandes generadores	83
7.8 Acondicionamiento de residuos domiciliarios especiales	84
7.9 Acondicionamiento de residuos de fuentes especiales	87

8	Recolección y transporte de residuos sólidos	90
8.1	Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios	91
8.1.1	Concepto	91
8.1.2	Regularidad de la recolección	91
8.1.3	Frecuencia de la recolección	92
8.1.4	Horario de la recolección	93
8.1.5	Redimensionamiento de las rutas de recolección domiciliaria	94
8.1.6	Vehículos de recolección	100
8.1.7	Herramientas y útiles usados por los recolectores	105
8.2	Recolección y transporte de residuos sólidos públicos	106
8.2.1	Concepto	106
8.2.2	Recolección de los residuos recogidos por barrido	106
8.2.3	Recolección de los residuos de desmalezamiento y roza	107
8.2.4	Recolección de los residuos de poda de árboles	108
8.2.5	Recolección de escombros y otros residuos de obra	109
8.2.6	Recolección especial	109
8.2.7	Vehículos y equipos utilizados en la recolección	110
8.3	Recolección de residuos en ciudades turísticas	113
8.4	Recolección de residuos sólidos en asentamientos precarios	114
8.5	Recolección de residuos de establecimientos de salud	115
8.5.1	Reconocimiento del problema	115
8.5.2	Segregación	116
8.5.3	Recolección separada de residuos comunes, infecciosos y especiales	117
8.5.4	Vehículos para recolección y transporte	117
8.5.5	Aspectos de la planificación de la recolección	119
9	Transferencia de residuos sólidos	120
9.1	Concepto	121
9.2	Tipos de estaciones de transferencia	122
9.2.1	Estación con trasbordo directo	122
9.2.2	Estación con acopio	122
9.2.3	Sistemas de transferencia alternativos	124
9.3	Vehículos y maquinaria para estaciones de transferencia	124
10	Limpieza de vías públicas	126
10.1	La importancia de la limpieza de la vía pública	127
10.2	Desechos encontrados en la vía pública	128
10.3	Servicios de limpieza de la vía pública	129
10.3.1	Servicios de barrido	130
10.3.2	Servicios de desmalezamiento y raspado	136
10.3.3	Servicios de siega	138
10.3.4	Servicios de limpieza de sumideros	143
10.3.5	Servicios de limpieza de ferias	145
10.3.6	Servicios de retirada manual y mecánica	146
10.3.7	Servicios de limpieza de las playas	147
10.4	Cómo reducir los desechos en la vía pública	150
10.5	Limpieza de la vía pública de ciudades turísticas	152
11	Recuperación de materiales reciclables	154
11.1	Concepto	155
11.2	Programas de recogida selectiva	156
11.2.1	Recogida selectiva de puerta en puerta	157
11.2.2	Puntos de entrega voluntaria (PEV)	159
11.2.3	Organizaciones de segregadores	161

12	Tratamiento de residuos sólidos	164
12.1	Concepto	165
12.2	Tratamiento de residuos sólidos domiciliarios	166
12.2.1	Reciclaje	166
12.2.2	Compostaje	170
12.2.3	Definición de las alternativas de tratamiento	174
12.3	Tratamiento de residuos domiciliarios especiales	177
12.3.1	Residuos de obras de construcción	177
12.3.2	Neumáticos	182
12.3.3	Pilas, baterías y tubos fluorescentes	184
12.4	Tratamiento de residuos de fuentes especiales	184
12.4.1	Residuos sólidos industriales	184
12.4.2	Residuos radiactivos	185
12.4.3	Residuos de puertos y aeropuertos	186
12.4.4	Residuos de establecimientos de salud	186
13	Disposición final de residuos sólidos	196
13.1	Introducción	197
13.2	Impactos de la disposición inadecuada de los residuos sólidos	198
13.3	Relleno sanitario	199
13.3.1	Selección de terrenos para la instalación de rellenos sanitarios	203
13.3.2	Licencias ambientales	211
13.3.3	Proyecto ejecutivo	213
13.3.4	Instalación del relleno	215
13.3.5	Operación de los rellenos sanitarios	222
13.3.6	Equipos usados	232
13.4	Rellenos controlados	233
13.5	Recuperación ambiental de basurales	236
13.6	La situación de los segregadores	238
13.7	Disposición de residuos domiciliarios especiales	239
13.7.1	Disposición de residuos de obras de construcción civil	239
13.7.2	Disposición de pilas y baterías	240
13.7.3	Disposición de tubos fluorescentes	240
13.7.4	Disposición de neumáticos	241
13.8	Disposición de los residuos de fuentes especiales	241
13.8.1	Disposición de los residuos sólidos industriales	241
13.8.2	Disposición de los residuos radiactivos	245
13.8.3	Disposición de residuos de puertos y aeropuertos	246
13.8.4	Disposición de residuos de los servicios de salud	246
13.9	Rellenos sanitarios y créditos de carbono: Oportunidades para ayudar a resolver el problema ambiental	247
13.9.1	El efecto invernadero: causas y consecuencias	248
13.9.2	La “lógica” de los créditos de carbono	249
13.9.3	Circunstancias en las cuales el biogás de un relleno sanitario puede ser aprovechado	251
13.9.4	Requisitos necesarios para la implementación de proyectos de reducción de emisiones de GEI en rellenos de residuos sólidos	252
13.9.5	Consideraciones generales	253
	BASE BIBLIOGRÁFICA	255
	GLOSARIO DE SIGLAS	258
	GLOSARIO	259

El papel de las autoridades locales para una mejor política ambiental

El curso de capacitación sobre gestión integrada de residuos sólidos urbanos a nivel de Municipios de América Latina y el Caribe, realizado en diciembre de 2005, en Río de Janeiro (Brasil), ha sido uno de los pasos más importantes en la fructífera colaboración entre el Ministerio de Ambiente y Territorio — Italia y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá, a través del Secretariado de Manejo del Medio Ambiente (EMS-SEMA). Anteriormente esta colaboración ya había logrado un importante resultado a través de la organización de una reunión de alto nivel que tuvo lugar en San Pablo (Brasil), donde expertos, administradores, profesionales y autoridades de instituciones públicas se reunieron para cuantificar el proceso en pro de la sustentabilidad en la gestión integrada de residuos sólidos urbanos, y para evaluar la situación a través del intercambio de información y evaluación de las mejores prácticas en cada área.

Estas actividades destacadas — combinadas con otras que se desarrollaron en el transcurso del año — corresponden al Memorando de Entendimiento firmado conjuntamente por el Ministerio de Ambiente y Territorio — Italia y el IDRC, que entró en vigor en el año 2005 y apunta al logro de objetivos compartidos relativos a la protección del medio ambiente y a hacer que los mismos fueran compatibles con el desarrollo social y económico. Este Acuerdo fija su atención en algunas áreas específicas vinculadas a las políticas ambientales locales, como por ejemplo en los casos de gestión de residuos sólidos urbanos, gestión sustentable del agua y saneamiento, promoción de tecnologías y procesos industriales limpios y uso de fuentes de energía renovable, siendo todos ellos procesos acometidos para asegurar un desarrollo local sustentable.

El Memorando de Entendimiento, que establece una asociación entre las dos instituciones, implica no sólo que ambas partes están comprometidas con el logro de objetivos acordados, sino que también desean poner en marcha acciones a todo nivel con la participación de países desarrollados y en desarrollo, instituciones internacionales, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y el sector privado. Los proyectos resultantes (en especial en América Latina y el Caribe) estarán expresamente dedicados al establecimiento de nuevas asociaciones (en la categoría más amplia de “iniciativas tipo II” que fueran lanzadas en Johannesburgo) en las áreas de interés entre los sectores público y privado, o dentro de cada uno de ellos, y para apoyar a las autoridades locales en el desarrollo de procesos voluntarios a nivel local.

En este sentido, el papel que podrían desempeñar los municipios en función del proceso de sustentabilidad es de gran importancia: la dimensión local debería ser considerada como la más significativa en la experiencia de nuevas estrategias ambientales y mejores prácticas, mostrando su efectividad en una dimensión más

amplia. Tal como se establece en el capítulo 28 de la Agenda 21, las autoridades locales construyen, operan y mantienen la infraestructura económica, social y ambiental; supervisan los procesos de planificación; implantan las políticas y reglamentaciones ambientales locales; y colaboran en la implementación de políticas ambientales nacionales y sub-nacionales. A medida que el nivel de gobernabilidad se acerca más a los pueblos, las autoridades locales desempeñan un papel crucial en la educación, movilización y respuesta al público para promover el desarrollo sustentable.

De hecho, las autoridades locales pueden desempeñar un papel más eficaz en el desarrollo de la capacidad para producir resultados más efectivos en cuanto al desarrollo sustentable. Políticas públicas como la de vivienda, transporte, desarrollo urbano, gestión de desechos y agua, producen un importante impacto en la forma en que las ciudades crecen. El marco tradicional de las políticas no ha sido diseñado para tener en cuenta la interrelación entre las políticas sectoriales; más bien intenta focalizar cada política de manera aislada: es por eso que hoy se requiere un cambio en el propio encuadre de las políticas públicas, además de la mejora de algunas políticas específicas.

Esto resulta particularmente cierto en el caso del sector de gestión de desechos urbanos. Los problemas en torno al manejo de residuos constituyen la principal preocupación ambiental en muchas zonas urbanas, en especial porque el constante crecimiento poblacional y la expansión de las actividades económicas estimulan un mayor consumo de recursos y un incremento en la generación de desechos. En tales circunstancias, se requiere una considerable mejora en la eficiencia para permitir la separación de la degradación ambiental del incremento de la población y el desarrollo económico, y para reducir las presiones ambientales a niveles sustentables. La gestión ambiental efectiva del desecho industrial (peligroso) y urbano también podría ser un mecanismo importante en la creación de nuevas oportunidades de empleo, en la más amplia difusión de la adopción de fuentes de energía renovable y para mejorar la calidad de vida de las personas, evitando la contaminación en zonas urbanas.

El verdadero desafío está en transformar los residuos en recursos reutilizables: deberían preverse medidas para estimular la inversión privada en este campo y generar oportunidades para incluir a los municipios como beneficiarios potenciales del Protocolo de Kyoto sobre Mecanismos de Desarrollo Limpio, para abatir las emisiones de gases con efecto invernadero. Por todas estas razones, el desarrollo de tecnologías limpias — sustituyendo vertederos por centros para la disposición final de los residuos — podría incluirse entre las ventajas que se derivarían al contar con políticas responsables y sustentables en los gobiernos locales. En términos más generales, los gobiernos locales pueden desempeñar un papel importante en la supervisión, asegurando el cumplimiento de la legislación y las reglamentaciones y promoviendo acciones adecuadas a las condiciones locales, incluyendo la adopción de planes de acción específicos, sensibilización, y liderando al mercado en la dirección correcta para el logro de un ciclo de manejo de desechos que resulte ambientalmente saludable.

Paolo Soprano

Ministerio de Ambiente y Territorio – Italia

Il ruolo degli enti locali per una politica ambientale migliore

Il corso di formazione sui sistemi integrati di gestione dei rifiuti solidi urbani nei comuni dell'America Latina e dei Caraibi, tenutosi a dicembre 2005, a Rio de Janeiro del Brasile, ha rappresentato un significativo passo in avanti a favore della fruttuosa collaborazione fra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio — Italia ed il Centro Internazionale di Ricerca per lo Sviluppo Canadese (IDRC) attraverso il proprio Segretariato per la Gestione Ambientale (EMS). Tale collaborazione aveva già ottenuto un risultato importante attraverso l'organizzazione di un incontro ad alto livello tenutosi a San Paolo del Brasile, dove un gruppo di esperti, di amministratori, di professionisti e di dirigenti di istituzioni pubbliche si sono riuniti per quantificare il processo verso la sostenibilità del settore della gestione dei rifiuti solidi urbani e per valutare la situazione grazie ad uno scambio di informazioni ed ad un esame delle migliori pratiche di ogni settore.

Queste attività di spicco — combinate ad altre attività svoltesi durante l'anno — sono contenute nel memorandum di intenti siglato fra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio — Italia e l>IDRC, entrato in vigore nel 2005, e che ha come scopo l'ottenimento degli obiettivi comuni per la tutela ambientale e la sua compatibilità con lo sviluppo economico e sociale. Tale accordo si concentra su settori specifici collegati alla politica ambientale locale come ad esempio: la gestione dei residui urbani, la gestione sostenibile dell'acqua e dei servizi igienici; la promozione di tecnologie e processi industriali puliti e l'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili, tutti finalizzati a garantire lo sviluppo sostenibile locale.

Il memorandum di intenti, che stabilisce una partnership tra le due istituzioni, prevede non solo l'impegno di entrambe le istituzioni al raggiungimento degli obiettivi concordati, ma anche l'attuazione di attività ad ogni livello con la partecipazione dei paesi industrializzati e quelli in via di sviluppo, con le organizzazioni internazionali, con le ONG e con il settore privato. I progetti che ne verranno (in particolare in America Latina ed i Caraibi), saranno espressamente volti a stabilire una nuova partnership (nella categoria più ampia delle "iniziative di tipo II" lanciata a Johannesburg) nei settori di interesse fra il settore privato e quello pubblico, o con ciascuno di loro, e sostenere gli enti locali nello sviluppare dei processi volontari a livello locale. A questo riguardo, il ruolo che i comuni possono ricoprire verso il processo di sostenibilità è di estrema importanza: la dimensione locale va considerata come la più significativa per sperimentare nuove strategie ambientali e migliori pratiche, dimostrando la loro efficacia su scala più ampia. Come affermato nel capitolo 28 dell'Agenda 21 "gli enti locali, costruiscono, operano e mantengono le infrastrutture economiche, sociali ed ambientali, supervisionano i processi di pianificazione, stabiliscono le politiche e le regolamentazioni in materia ambientale a livello locale e partecipano all'implementazione delle politiche nazionali e sub-nazionali in ambito ambientale. Poiché inoltre essi rappresentano il livello di governo

più vicino ai cittadini, gli enti locali giocano un ruolo vitale rispetto all'educazione, alla mobilitazione ed alla responsabilizzazione del pubblico nella promozione dello sviluppo sostenibile.

Effettivamente gli enti locali possono giocare un ruolo più efficace nello sviluppare la capacità di trasmettere risultati validi per lo sviluppo sostenibile. Le politiche sugli alloggi, sui trasporti, sullo sviluppo urbano, sulla gestione dei rifiuti e dell'acqua hanno un impatto notevole sulla crescita delle città. Lo schema tradizionale delle politiche non è atto a considerare l'interdisciplinarietà fra le politiche di settore; al contrario si concentra su ogni politica in modo isolato ed è, pertanto, adesso necessario modificare lo schema di per sé, oltre naturalmente a migliorare le singole politiche. Ciò è particolarmente vero per il settore della gestione dei rifiuti. Le questioni relative alla gestione dei rifiuti sono al centro dell'attenzione ambientale in molte zone urbane in quanto, a causa della continua crescita demografica e dell'espansione delle attività economiche, si stimola un maggior consumo delle risorse ed una maggiore produzione di rifiuti. In queste circostanze è necessario un miglioramento dell'efficienza al fine di scollegare il degrado ambientale dalla crescita della popolazione e dallo sviluppo economico ed al fine di ridurre la pressione ambientale a livelli sostenibili. Una gestione dei rifiuti urbani ed industriali (pericolosi) potrebbe essere anche un meccanismo importante per la creazione di nuovi posti di lavoro, per diffondere l'adozione di risorse energetiche rinnovabili e per migliorare la qualità di vita della gente grazie alla prevenzione dell'inquinamento nelle zone urbane.

La vera sfida è trasformare i residui in risorse riutilizzabili: vanno presi dei provvedimenti per incoraggiare gli investimenti privati in questo settore e per creare le opportunità affinché i comuni vengano inclusi come potenziali destinatari del Meccanismo di Sviluppo Pulito del Protocollo di Kyoto per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra. Per queste ragioni, lo sviluppo di tecnologie pulite — che sostituiscano l'interramento con degli impianti per lo smaltimento finale dei rifiuti — può essere inserito fra i vantaggi delle politiche responsabili e sostenibili dei governi locali. In termini più generali, i governi locali possono giocare un ruolo importante di regia, garantendo l'applicazione delle leggi e delle norme e promuovendo delle attività adatte alle condizioni locali, includendo l'adozione di piani d'azione specifici; l'aumento della consapevolezza e la conduzione del mercato verso la direzione giusta per l'ottenimento di un ciclo integrato dei rifiuti.

Paolo Soprano

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Italia

The role of local authorities for a better environmental policy

The training course on integrated urban solid waste management in the Municipalities of Latin America and Caribbean, held in December 2005, in Rio de Janeiro (Brazil), has been one of the significant steps of the fruitful collaboration between the Ministry for the Environment and Territory — Italy and the International Development Research Centre of Canada (IDRC) through the Environmental Management Secretariat (EMS). This collaboration had also previously attained an important result through the organization of a high level meeting held in São Paulo (Brazil), which gathered experts, administrators, professionals, head of public institutions in order to quantify the process towards sustainability in the urban solid waste management sector, and to assess the situation, through an exchange of information and evaluation of best practices in each field.

These peak activities — combined with some others carried out during the year — pertain to the Memorandum of Understanding signed by the Ministry for Environment and Territory — Italy and the IDRC, entered into force in 2005 and aimed at accomplishing the common objectives related to the protection of environment and at making them compatible with the social and economic development. This Agreement focuses the attention on some specific areas related to local environmental policy, such as sustainable management of water and sanitation, urban waste management, promotion of clean technologies and industrial processes, and use of renewable energy sources, all of them being processes finalized to ensure local sustainable development.

The MoU, establishing a partnership between the two institutions, implies not only that both parties are committed to achieving the agreed objectives, but also that they want to mobilize actions at all levels, with the participation of developed and developing countries, international institutions, NGOs, the private sector. The resulting projects (specifically in Latin America and the Caribbean), will be expressly devoted to establish new partnerships (in the broader category of the “type II initiatives” that have been launched in Johannesburg), in the areas of interest between private and public sectors, or within each of them, and to support local authorities in developing voluntary processes at the local level.

In this regard, the role that municipalities may play toward the process of sustainability is of great importance: the local dimension should be considered as the most significant to experiment new environmental strategies and best practices, showing their effectiveness on a broader dimension. As stated in chapter 28 of Agenda 21, local authorities construct, operate and maintain economic, social and environmental infrastructure; oversee planning processes; establish local environmental policies and regulations; and assist in implementing national and sub-national environmental policies. As the level of governance is closest to the

people, they play a vital role in educating, mobilizing and responding to the public to promote sustainable development.

Indeed, local authorities may play a more effective role in developing the capacity to deliver more effective sustainable development outcomes. Policies such as housing, transport, urban development, waste and water management, have significant impacts on how cities grow. The traditional framework of policies is not designed to consider the inter relationship among sectoral policies; it rather aims to focus upon each policy in an isolated manner: thus, a change in the policy framework itself, in addition to the improvement of specific policies, is required today.

This is particularly true for the urban waste management sector. Waste management issues are at the centre of environmental concern in many urban areas, especially because continued growth in population and expansion of economic activities stimulate higher consumption of resources and greater generation of waste. In these circumstances, major improvement in the efficiency is needed, so as to enable decoupling of environmental degradation from population growth and economic development and to diminish environmental pressures to sustainable levels. Effective environmental management of industrial (hazardous) and urban waste may also be an important mechanism for creating new job opportunities, for spreading the adoption of renewable energy sources, and for improving quality of life of people by preventing pollution in urban areas.

The real challenge is to transform waste into reusable resources: measures should be foreseen in order to stimulate private investments in this field and to create opportunities to include municipalities as potential beneficiaries of the Kyoto Protocol's Clean Development Mechanism for curbing greenhouse gas emissions. For these reasons, developing clean technologies — by replacing landfills with centers for final waste disposal — can be included among the advantages of responsible and sustainable policies of local governments. In more general terms, local governments may play an important role of overview, ensuring enforcement of laws and regulations and promoting actions suitable for local conditions, including the adoption of specific action plans, awareness raising and leading the market to get the desirable direction for the attainment of an environmental sound cycle of waste.

Paolo Soprano

Ministry for the Environment and Territory - Italy

El tema limpieza urbana se destaca como una demanda creciente en el escenario mundial y también de la sociedad y comunidades locales. Sea por los aspectos relacionados a la transmisión de enfermedades y, por lo tanto, a la salud pública; sea por la contaminación de cursos de agua y napas freáticas, en el abordaje ambiental; o por las cuestiones sociales relacionadas a los segregadores — en especial los niños que viven en los basurales; o también por las presiones derivadas de las actividades turísticas. El hecho es que varios sectores gubernamentales y de la sociedad civil están movilizándose para enfrentar el problema, por mucho tiempo relegado al segundo plano. Otro aspecto, más reciente, que ha concedido mayor visibilidad a la cuestión de la limpieza urbana, es sobretodo la disposición final de los residuos sólidos, con relación a los Mecanismos de Desarrollo Limpio.

En diversas situaciones los impactos negativos relacionados a los residuos sólidos están asociados primordialmente a una gestión inadecuada. En ese sentido, la alteración de este cuadro comprende no sólo la movilización de recursos y el mejoramiento del conocimiento técnico de los procesos y tecnologías adecuados en cada realidad, sino principalmente instrumentos que incorporen y estructuren modelos de gestión con una visión integrada, como estrategia fundamental para llegar a una ciudad saludable.

Un profundo cambio de comportamiento, capaz de revertir políticas y prácticas tradicionales, se hace necesario, buscando la implantación de estrategias asociadas a los siguientes aspectos:

- reducción del consumo, del desperdicio y del descarte de residuos por parte de los ciudadanos;
- universalización de los servicios de limpieza urbana;
- prácticas de tratamiento y disposición final ambientalmente adecuadas;
- retiro de los niños de los basurales;
- potencial generador de trabajo e ingreso asociado a los residuos, promoviendo la inclusión social y económica de los segregadores.

En esta dirección, el presente Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales busca contribuir para el mejoramiento de las capacidades técnicas del sector público, entidades, empresas, ONGs y de la sociedad civil para lidiar con los aspectos que envuelven la gestión integrada de residuos sólidos con vistas a su sostenibilidad.

Hacen parte de su contenido los temas fundamentales a la comprensión y mejoría de los sistemas y servicios de limpieza urbana, que comprenden, desde las cuestiones técnicas, administrativas y de acondicionamiento hasta la disposición final de los residuos, también aspectos institucionales, económicos, políticos, sociales y legales, incluyendo mecanismos de desarrollo limpio.

Reconociendo que los Municipios son los principales responsables, y es el nivel de gobierno competente para prestar los servicios de limpieza urbana, el Manual contiene orientaciones que sirven de referencia para los tomadores de decisiones en el sentido de ayudarlos en la formulación de políticas públicas y de la legislación correspondiente al tema.

El Manual fue elaborado por profesionales con larga experiencia en el sector, que también actúan como profesores en los cursos ofrecidos por el IBAM. Como parte de la metodología de trabajo, una versión preliminar se le presentó a los participantes del primer curso de capacitación, realizado en diciembre de 2005 en el IBAM, representando diversos países Latinoamericanos y del Caribe, después lo cual fue revisto y finalizado. Se pretende que pueda ser un instrumento didáctico básico y orientador de futuros talleres a desarrollar.

Es fundamental que los equipos encargados de la planificación y de la operación de los servicios en las municipalidades estén capacitados para la preparación e implementación de programas, planes y acciones de mejoría de los sistemas de limpieza urbana de las ciudades, incluyendo adecuaciones institucionales necesarias para la administración de los servicios; para la aplicación de los recursos disponibles en forma responsable, utilizando tecnologías y métodos adecuados y respetando las peculiaridades económicas, sociales y culturales de la población local.

De esta forma, el objetivo de este Manual se incluye en esta perspectiva: una herramienta útil para la capacitación de todos aquellos que trabajan con residuos sólidos, en el enfoque de la administración integrada, y suficientemente flexible para qué, a partir del conocimiento de las diversas formas de “como hacer”, se pueda elegir la que mejor se aplique a las condiciones de cada ciudad. Siéntase, de esta forma, invitado(a) a reflexionar y a participar de las soluciones, estimulado por la lectura del presente Manual.

Tereza Cristina Baratta

Directora de la Escuela Nacional de Servicios Urbanos — IBAM

1

Situación general del manejo de residuos sólidos en los países latinoamericanos y del Caribe





I.1 Introducción

En el sector del manejo de residuos sólidos municipales, un diagnóstico hecho en un determinado período de tiempo tiene solo un valor relativo, puesto que la calidad de los servicios puede modificarse sumamente rápido.

Un relleno bien administrado puede transformarse en un basural en pocos días si un tractor dejara de funcionar por algún defecto que la municipalidad no esté en condiciones de reparar debido a que la compra de repuestos o la contratación del servicio de mantenimiento dependen de un lento proceso de licitación. Aunque el sistema esté a cargo de empresas privadas, a través de contratos de tercerización o de concesión, una interrupción en el pago de las facturas por parte de la municipalidad, puede producir la paralización de los servicios.

Sin embargo, un análisis periódico de las condiciones en que se encuentran los servicios de manejo de residuos sólidos en varias ciudades de un determinado país puede señalar una tendencia, y este es el punto más importante ante la pregunta: ¿las ciudades latinoamericanas están mejorando la gestión de los residuos?

En prácticamente todos los países latinoamericanos el servicio de limpieza urbana está bajo la responsabilidad del municipio y, a menudo, una buena situación en una determinada ciudad no refleja, necesariamente, la tendencia del país, sino la determinación del alcalde de resolver positivamente el problema. Pero, si se incluye en el estudio un universo más amplio de ciudades, se puede hacer una mejor evaluación de la tendencia de la calidad de los servicios y de la forma en que el asunto es encarado por los gobiernos municipales, provinciales y nacionales de cada país.

La última actualización del Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe, que abarcó a toda América Latina, fue realizada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el 2005. Debido a que es el mejor documento producido hasta la fecha sobre este tema, aquí se transcribe su resumen ejecutivo.

I.2 Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe¹

La Organización Panamericana de la Salud en apoyo a los gobiernos de la Región de América Latina y el Caribe (ALC) y teniendo en cuenta el papel significativo que desempeñan los servicios de manejo de residuos sólidos en la reducción de factores de riesgo para la salud y en los impactos al ambiente, coordinó la realización de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales (Evaluación de Residuos), con la participación directa de instituciones públicas y entidades privadas, así como de organizaciones no gubernamentales (ONG) vinculadas al manejo de los residuos sólidos de los países de la Región.

Esta iniciativa representa el primer esfuerzo regional en el que participaron 36 países de América Latina y el Caribe dentro de una estrategia evaluativa común. La recolección de información para la evaluación se llevó a cabo en los países durante los años 2002 y 2003 por medio de un grupo coordinador nacional constituido por

1. Basado en el Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe, BID y OPS, 1997; actualizado bajo la forma de "Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe", 2005. (www.paho.org y www.bvsde.ops-oms.org).

representantes de entidades nacionales y locales involucrados en el área de residuos sólidos. La información se obtuvo a través de una serie de formularios que recogieron datos básicos demográficos, de salud, educación y socio económicos del país e indicadores específicos relacionados con los servicios de aseo urbano referidos al año 2001. La información fue complementada con un informe analítico de cada país efectuado por los mismos países.

La propuesta de la Evaluación de Residuos surge de la necesidad de tener un marco referencial que haga visible el sector de residuos sólidos en ALC para identificar sus necesidades y posibilidades dentro del concepto de manejo integral orientado a mejorar la calidad de vida de las comunidades. Dentro de este contexto, tiene el propósito de generar y extender el conocimiento de la situación actual que es crítica en muchos de los países, como lo demuestra el alarmante deterioro ambiental y los problemas sanitarios asociados al precario manejo de los residuos sólidos y la escasa atención que se ha prestado a esta área, principalmente a la disposición final de los desechos, con objeto de buscar soluciones o alternativas a nivel nacional y local para mejorar la situación presente y lograr una gestión de residuos verdaderamente eficiente.

Si bien se ha logrado un moderado avance a raíz de iniciativas nacionales e internacionales, entre las que se destaca la Agenda 21 — acordada en 1992 en Río de Janeiro en la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo —, el manejo integral de los residuos sólidos aún representa uno de los retos más importantes que enfrentan las autoridades de gobierno nacional, las municipalidades, los prestadores de servicios y la comunidad en general. Los estilos de vida, los altos niveles de consumo, los materiales usados en la producción industrial y la introducción de materiales persistentes en las actividades cotidianas de las personas, tienden a incrementar los volúmenes de residuos sólidos, presentando serios problemas para su recolección, transporte, tratamiento y disposición final.



Figura 1 - Ocupación desordenada y mercado informal en las proximidades de un basural



Los procesos migratorios intensivos de poblaciones carentes de las zonas rurales hacia medianas y grandes ciudades han generado la creación de cinturones de pobreza periféricos, los cuales en su mayoría carecen de la infraestructura de servicios públicos adecuados y casi en su totalidad han crecido en forma desordenada sin ninguna planificación urbana. A eso se suma la marginalidad económica y social presente en estos asentamientos, que lleva a muchas familias, principalmente mujeres y niños, a encontrar en la basura, tanto en las calles como en los sitios de disposición final, su único medio de subsistencia.

El Informe estima que para el año 2001, la población de ALC alcanzó 518 millones de habitantes, de los cuales 406 millones (78,3%) son urbanos y producen alrededor de 369.000 toneladas de residuos sólidos municipales diariamente. De este total el 56% lo generan los grandes centros urbanos, el 21% los centros urbanos medianos y el 23% los centros urbanos pequeños. Aproximadamente la mitad de los residuos generados en ALC es producida por centros medianos y pequeños que tienden a tener mayor dificultad en la gestión de los residuos, siendo el impacto al medio ambiente considerable ya que la disposición de estos residuos es generalmente deficiente. Son pocos los países de América Latina y el Caribe que disponen de planes o programas integrales para atender las demandas del sector. Por consiguiente, no se proponen estrategias ni componentes necesarios que permitan ejercer la rectoría, regulación y el desarrollo institucional de las municipalidades como entidades prestadoras de los servicios de aseo, así como la debida formación de recursos humanos y la capitalización de recursos financieros.

La Evaluación de Residuos confirmó los vacíos de información que existen en el área de los residuos sólidos en los países de la Región. Prácticamente en todos ellos, las instituciones y organismos que intervienen en esta área manejan información insuficiente. Estos vacíos no solo se presentan a nivel local, donde son más pronunciados, sino además en las instituciones a nivel nacional encargadas de definir políticas y de asignar recursos.

La cobertura de recolección en la Región varía del 11% al 100% con un promedio regional de 81%, aunque con grandes diferencias dentro de los mismos países, más marcadas en los núcleos poblacionales medianos y pequeños, en los cuales en estos últimos solo el 69% de la población recibe el servicio de recolección.

La cobertura de la disposición final de residuos sanitariamente adecuada (relleno sanitario) para la Región de ALC es del 23% lo que evidencia un serio problema ambiental y de salud por la proliferación de vertederos a cielo abierto. Esto significa que de las 299.000 toneladas recolectadas diariamente en la Región, alrededor de 230.000 toneladas de residuos se depositan indiscriminadamente en el ambiente, en el mejor de los casos en botaderos con un control precario. El resto no recolectado se presume que es quemado o vertido sin control alguno en terrenos baldíos, calles, carreteras y cauces de agua contaminando el ambiente y poniendo en peligro la salud de las personas. La situación se agrava con la falta de manejo adecuado de los residuos de establecimientos de salud y peligrosos, principalmente cuando éstos se vierten conjuntamente con los residuos domiciliarios, práctica bastante común en varios países de la Región.

La generación *per capita* promedio regional de residuos sólidos domiciliarios alcanza a 0,790kg/hab./día, con una fluctuación apreciable en países con un bajo índice de

Desarrollo Humano (IDH). Existen casos en que la generación *per capita* no sobrepasa 0,250kg/hab./día, y por otro lado, en ciudades donde el turismo constituye un factor económico importante, la generación *per capita* llega a 2,400kg/hab./día. En cuanto a los residuos municipales, la producción *per capita* varía de 0,370kg/hab./día a 2,650kg/hab./día con un promedio regional de 0,910kg/hab./día. Asimismo, las grandes ciudades son los mayores generadores con producciones *per capita* de residuos municipales cercanas a 1,100kg/hab./día mientras que los asentamientos pequeños y pobres de América Latina generan un promedio por habitante inferior a 0,500kg/hab./día.

Estos hechos demuestran que el crecimiento económico y el nivel de consumo tienen una gran influencia en la producción de residuos sólidos y consecuentemente demandan cada vez más una gestión eficiente de los servicios de limpieza urbana, principalmente en lo que concierne a la disposición final en rellenos sanitarios.

Los países de ALC se encuentran en diversas etapas de desarrollo del sector de residuos sólidos y su respectiva institucionalidad.

A **nivel nacional**, principalmente los ministerios de salud y del medio ambiente han ido evolucionando para suplir, en cierta medida, la función de rectoría del sector y la de regulación de los servicios en los aspectos que les corresponden.

A **nivel local**, los municipios mantienen la titularidad del servicio cuya operación adopta distintas modalidades: administración directa por el sector público, tercerización y concesión. La iniciativa privada ha ido adquiriendo cada vez mayor prominencia, no solo en la prestación de los servicios de aseo urbano, sino además, en las inversiones para el desarrollo del sector de residuos sólidos.

Se observan varias deficiencias en la conducción del sector y por consiguiente en la planificación y programación del mismo a mediano y largo plazo. Las municipalidades, particularmente las más pequeñas, adolecen de capacidad de gestión gerencial y económica, situación que no les permite satisfacer las demandas de un manejo adecuado de los residuos sólidos.

En cuanto a los aspectos legales aplicables al sector se observan grandes vacíos en el ordenamiento jurídico y en los distintos instrumentos para su cumplimiento. Pese a que la legislación de carácter ambiental es abundante, está dispersa en varios cuerpos legales, lo que produce traslapes e inconsistencias que hacen difícil su interpretación y cumplimiento. La carencia de un marco regulatorio apropiado y sobre todo la falta de implementación de los mecanismos de seguimiento, control y sanción disminuye la efectividad de los instrumentos legales actuales, aún cuando varios países están desarrollando leyes y normatividad específica sobre residuos tanto municipales como peligrosos, como es el caso de Bolivia, Ecuador, México y Perú, entre otros.

Los costos del servicio de aseo urbano en la Región fluctúan entre US\$15 a US\$105 por tonelada, con un promedio de US\$29 por tonelada de basura recolectada, tratada y dispuesta adecuadamente. Estos costos desglosados corresponden al barrido, recolección, limpieza en vías principales, transferencia, tratamiento y disposición final.



La desagregación de los costos del servicio de aseo urbano indica que el más alto corresponde al barrido y la recolección y transporte de residuos representado entre el 60% y el 70% del costo total.

Las inversiones en el sector son reducidas comparadas con otros servicios públicos tales como electricidad, agua potable y saneamiento básico, y se concentran en la adquisición de equipos y, en segundo término, en obras de infraestructura para la disposición final.

En la mayoría de los países de América Latina, el sostenimiento económico del servicio se recibe a través de la recaudación de una tasa municipal. Esta tasa general no es exclusivamente asignada al servicio de aseo urbano, sino que forma parte de otros servicios como alumbrado público, impuesto predial y otros. El promedio de las tasas mensuales para los residuos domiciliarios en ALC alcanza a US\$2,5 por usuario, valor que no cubre los costos de los servicios de aseo urbano, lo que se refleja en un déficit cercano a la mitad del costo real de esos servicios. En el Caribe angloparlante, los servicios de aseo urbano son fuertemente subsidiados por el gobierno central, a través de un fondo consolidado formado por diversos tributos de carácter ambiental.

La segregación y recuperación formal de materiales reciclables no se realiza en gran escala en ALC. Como promedio, la Evaluación de Residuos mostró que solamente el 2,2% de los materiales se recupera de la basura, correspondiendo al 1,9% al reciclaje inorgánico y un 0,3% al reciclaje de residuos orgánicos constituidos principalmente por restos de alimentos y de jardín. El reciclaje informal es ampliamente difundido en América Latina y su magnitud es difícil de precisar por el carácter difuso de la actividad. La segregación informal se ha incrementado en países que han sufrido rápidas y profundas crisis económicas como resultado del aumento de la pobreza y el desempleo, aunado al hecho de que no existen iniciativas formales para la integración de esta forma de subempleo al sector de los residuos sólidos.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos tiene serias consecuencias en el ambiente y la salud de las personas, principalmente las que están más en contacto con los residuos, como es el caso del personal operativo del sector que en su mayoría no cuenta con las medidas mínimas de prevención y seguridad ocupacional. La situación es más crítica para los individuos que trabajan y viven de la recuperación de materiales de la basura, que realizan su trabajo en condiciones antihigiénicas e inhumanas y entre los que se destaca un porcentaje significativo de mujeres y niños. Aunque no se ha determinado la causalidad directa, varias enfermedades se asocian con los desechos cuando se dan las condiciones propicias para el desarrollo de varios agentes de enfermedad.

Los costos ambientales y sociales, directos e indirectos, que representan para la sociedad la producción, manipulación y disposición inadecuada de los desechos son crecientes y significativos. Los impactos al ambiente se manifiestan principalmente en la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de abastecimiento público y la obstrucción de los canales de drenaje por el vertido incontrolado de residuos sólidos en los cuerpos de agua.

Otros impactos importantes que afectan la salud humana se deben a la emisión de sustancias que producen contaminación atmosférica por la quema de la basura al aire libre; la incineración de los desechos sin equipos de control adecuados; la transmisión de microorganismos patógenos por vía hídrica, por los alimentos, por la crianza de ganado vacuno y porcino con residuos orgánicos contaminados, así como por vectores transmisores de enfermedades. Estos se suman a los impactos de orden estético y de incomodidad por ruidos y malos olores.



Figura 2 - Degradación del medio ambiente causado por un basural

En varios países de ALC, la participación de las pequeñas empresas y microempresas privadas en la recolección y transporte de residuos sólidos ha ido cada vez en aumento, principalmente porque significan una alternativa más económica para las municipalidades y/o empresas municipales de aseo. Las ventajas de estas empresas radican en el uso intensivo de la mano de obra, la utilización de tecnologías de muy bajo costo que emplean tracción animal, humana o mecánica (triciclos) y la promoción de mayor participación comunitaria para facilitar la operación de recolección y separación de materiales en la fuente de generación.

La participación de la sociedad en el manejo de los residuos sólidos es limitada en ALC. La participación ocurre principalmente cuando existe el apoyo de organizaciones no gubernamentales y un fuerte componente educacional. Dicha participación es clave para poner en práctica actividades que contemplen el principio de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar, el cual a su vez debe ser sustentado por una sólida base política nacional que encauce el sector de residuos sólidos.

El desarrollo tecnológico e investigación en relación con los residuos sólidos es reducido en la mayoría de los países de ALC. La contribución de institutos y universidades en el área de investigación y desarrollo tecnológico para el área de residuos sólidos es escasa. La formación de recursos humanos se realiza generalmente en algunas universidades de la Región, como parte del currículo de carreras relacionadas con ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. Esto se complementa con una gran variedad de cursos, talleres y seminarios enfocados al manejo de los residuos sólidos.



Iniciativas tales como la atención primaria ambiental, municipios y comunidades saludables, escuelas promotoras de la salud y otras estrategias de promoción de salud son básicas para articular iniciativas con capacidad de potenciar la gestión participativa que incluya a la comunidad, el gobierno local, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado con objeto de establecer políticas eficaces, crear entornos saludables, promover estilos de vida más sanos, desarrollar capacidades personales a través de la educación y el empoderamiento especialmente en los ámbitos escolar y ecoclubes en el tema de manejo de residuos sólidos. Estas iniciativas ofrecen un gran potencial para establecer actividades que perduren en el tiempo, permitiendo usufructuar de experiencias compartidas a través de redes comunitarias y de alianzas con diversas instituciones que comparten un interés común.

Los aspectos de rectoría del sector, la regulación y operación de los servicios de manejo de residuos sólidos, la organización institucional y funcional, la autosustentabilidad financiera de los servicios y la participación de la iniciativa privada y de la comunidad, deben ser cuidadosamente evaluados en cada uno de los países para discernir los pasos apropiados, dentro de sus posibilidades reales, para alcanzar las metas propuestas a nivel nacional y municipal.



Figura 3 - Correcta operación de un relleno sanitario, resultado del compromiso de la administración pública

Los análisis sectoriales de residuos sólidos continuarán siendo un instrumento clave en este aspecto al proveer una visión integral del sector, permitiendo así adoptar enfoques y alternativas más eficientes para su desarrollo.

Teniendo en cuenta que el manejo de los residuos sólidos es una actividad local, los gobiernos nacionales y provinciales deben apoyar cada vez más a los municipios, particularmente a los que tienen escasa capacidad gerencial y limitados recursos, en los cuales la escasez de información acerca del tema es más pronunciada.

La cooperación internacional tiene asimismo un amplio campo de acción, especialmente en el fortalecimiento de las capacidades institucionales y en la identificación y apoyo de las inversiones sectoriales. El compromiso y la voluntad de los gobiernos y de las organizaciones financieras y de cooperación técnica para orientar sus esfuerzos hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio² abren nuevas oportunidades para promover y coordinar actividades nacionales e internacionales en el mejoramiento del manejo de los residuos sólidos en la Región.

I.3 Tendencias para el sector de los residuos sólidos

Un resumen de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe con base en la Evaluación de Residuos, y recopilada en otros estudios y experiencias en el área, permite señalar las tendencias generales para el sector. Los aspectos presentados a continuación, pueden variar de país a país y de ciudad a ciudad en función del mayor o menor grado de compromiso de los alcaldes y de la participación de la sociedad.

Sensibilización de la población respecto a la importancia de los servicios de limpieza urbana y del manejo de los residuos sólidos municipales

En casi todos los países de América Latina y el Caribe se ha observado un incremento de la conciencia de la sociedad sobre la necesidad de administrar de forma más adecuada los residuos sólidos. Los motivos principales para este incremento son:

- la presencia cada vez mayor de los problemas del medio ambiente en el cotidiano de las personas y su divulgación en los medios de comunicación;
- la relación del manejo de residuos sólidos con el bienestar y la salud de la población;
- el costo cada vez más alto de los servicios, especialmente cuando se desea universalizar su alcance, por lo menos en la zona urbana del municipio, lo que exige una gestión más profesional por parte de la administración municipal;
- la amplia divulgación en los medios de comunicación de los problemas sufridos por los países desarrollados a raíz de la inapropiada manipulación o disposición final de residuos industriales peligrosos, y sus efectos dañinos en la salud de la población.

Diferencia de la situación de los servicios en las ciudades grandes y medianas y en los pequeños municipios

Se verifica un mejoramiento gradual del manejo de los residuos en las grandes ciudades, no solo en los servicios de recolección sino, principalmente, en la disposición final. Estos municipios, cuya población es de más de 200.000 habitantes, disponen de más recursos financieros y están más capacitados para afrontar las dificultades de mantener una gestión sustentable de los residuos urbanos.

En los pequeños conglomerados urbanos, categoría en que se incluyen la mayor parte de las ciudades latinoamericanas (en el Brasil, por ejemplo, más del 80% de los

2. Para más informaciones consultar <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals>.



municipios tienen menos de 30.000 habitantes), la limpieza urbana está limitada a la recolección, con frecuencia más o menos regular, en las zonas que inciden en la opinión pública (zonas comerciales y residenciales de renta más alta), y la disposición final se limita a uno o más basurales a cielo abierto, sin ningún control sanitario ni ambiental.

Los municipios de tamaño más grande tienen, por lo general, un organismo específico para cuidar de la limpieza urbana, pero los pequeños, a menudo solo cuentan con un encargado de los servicios y dependen de los recursos materiales de otros departamentos para la realización de los servicios que están bajo su responsabilidad.

La importancia de la decisión política

El manejo adecuado de los residuos sólidos en las ciudades latinoamericanas depende fundamentalmente del compromiso de los alcaldes frente a este tema. Si el alcalde no considera prioritario este sector, no se dispondrá de recursos presupuestarios, los servicios no abarcarán a toda la población y la calidad no será satisfactoria.

Es evidente que con el fácil acceso a la información y con su difusión por la internet, los responsables de los servicios municipales están más atentos a la cuestión de los residuos y, de alguna forma, ya no pueden desconocer el problema. Solo a través de la presión de la sociedad y de los organismos de control ambiental, la administración municipal finalmente toma conciencia del problema y comienza a asignar más recursos al sector, mejorando, de este modo el alcance y la calidad de los servicios.

El marco legal

Algunos municipios de mayor tamaño están estableciendo, a través de ordenanzas o decretos del alcalde, normas de manejo de residuos sólidos. Algunos países están tratando de establecer una política nacional de residuos sólidos, pero esta iniciativa enfrenta a veces intereses políticos o económicos que retrasan su implementación.

Aunque el marco legal sea importante, no es el único requisito para la obtención de una gestión de residuos de buena calidad. Es necesario que haya un compromiso formal del alcalde para que la legislación y las normas se transformen, efectivamente, en un servicio de manejo de residuos sólidos de mejor calidad. La necesidad de capacitación a los municipios para preparación de licitaciones y contratos es un elemento crítico en la eficiencia en la aplicación y seguimientos de las relaciones contractuales con contrapartes privados, ONGs, cooperativas, etc.

Créditos de carbono y mecanismo de desarrollo limpio

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite que los países en vías de desarrollo, clasificación en la que se encuadran todos los países latinoamericanos, obtengan recursos a través de la reducción de la emisión de los gases que provocan el efecto invernadero de sus actividades industriales o urbanas.

Sin embargo, muchos alcaldes están considerando que los créditos de carbono han llegado en buena hora para ayudar económicamente a algunos municipios

a fin de que estén en condiciones de mejorar los servicios de manejo de residuos sólidos.

Entretanto, los recursos obtenidos de la venta de los Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) no garantizarán la operación de los servicios de limpieza urbana, pero lo cierto es que, con la divulgación de la información acerca de las premisas de este negocio, las administraciones municipales sabrán aprovechar sus ventajas económicas en la medida de las necesidades del municipio. No obstante se debe saber que dichas facilidades del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto están efectivas hasta el 2012.

Compostaje

A pesar de que es un procedimiento cada vez más aplicado en los países desarrollados, en función de la prohibición de vaciar materia orgánica en los rellenos sanitarios, el compostaje vuelve a tomar cuerpo en los países en vías de desarrollo. Este sistema, que puede ser artesanal, en ciudades pequeñas, o mecanizado, cuando se deben procesar grandes cantidades de residuos, ofrece la gran ventaja de reducir la generación de lixiviados a cambio de producir biogás en los rellenos, además de prolongar la vida útil de estos.

Como ventaja complementaria, que puede ayudar a hacer factibles la implementación y operación de una instalación de tamaño mediano o grande, un sistema de compostaje puede generar ingresos a través de la venta de certificados de reducción de emisiones, puesto que ya hay una metodología probada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que considera que el compostaje, más que reducir, evita la emisión de gases que provocan el efecto invernadero, puesto que la materia orgánica en descomposición aeróbica desprende solo gas carbónico y agua, y no metano, que es el gas nocivo que sería generado en el relleno, si la materia orgánica se depositase allí.

Dificultad de implementación de nuevos rellenos

Uno de los puntos más débiles de los sistemas de manejo de residuos sólidos de las ciudades latinoamericanas es la disposición final de los residuos, tal como lo comprueba el diagnóstico de la OPS. Como los alcaldes están, cada vez más, tomando conciencia de la gravedad del problema, los basurales están empezando a ser clausurados o recuperados.

El municipio debe decidir si instala el relleno sanitario en el mismo lugar, donde la población ya está acostumbrada, o si empieza uno de cero en otro lugar. Esta última opción ha planteado problemas de tal gravedad que varios rellenos nuevos dejaron de ser construidos en respuesta a la reacción de la comunidad local, sin mencionar las dificultades para obtener las licencias ambientales de las nuevas instalaciones.

Las administraciones municipales y los emprendedores tratan de ofrecer compensaciones a las poblaciones locales, pero no siempre se consiguen resultados satisfactorios. A menudo este problema hace que los municipios continúen operando



los basurales, y desistan de implementar nuevas unidades para la disposición final de los residuos recolectados en la ciudad.

La reacción negativa de la población se ha manifestado incluso ante la instalación de estaciones de transferencia, y esto se justifica por el hecho de que, por lo general, no se hace una buena administración de los rellenos y otras unidades de limpieza urbana. Es necesario persuadir a la población de que un relleno sanitario bien administrado puede convivir con viviendas relativamente cercanas. Este proceso es prolongado y los resultados satisfactorios dependerán de que se provean ejemplos numerosos hasta que la población se convenza de que es posible.

Segregadores informales y los sistemas formales de recogida selectiva

En función del creciente desempleo que impera en casi todas las ciudades latinoamericanas, especialmente en las de mayor tamaño, cada vez más personas salen a la calle en busca de algún recurso para sobrevivir. La última esperanza son los residuos reciclables que pueden encontrar entre la basura.

Por un lado, esta actividad presenta aspectos positivos: los residuos pueden ser una fuente de renta para esas personas que no tienen otros medios de vida y su trabajo, de alguna manera, retira del circuito de la limpieza urbana una cantidad razonable de materiales, de modo que se reducen, en consecuencia, los costos de recolección, transferencia y disposición final, y se prolonga la vida útil de los rellenos. Por otro lado, muchas veces la segregación de materiales se hace de forma desordenada, abriendo las bolsas de residuos domiciliarios, separando lo que puede ser comercializado, y desparramando en la vía pública los desechos que no le interesan al segregador, lo que causa serios problemas y exige un gran esfuerzo a los servicios de barrido.

Aún más, los municipios que están implementando sistemas de recogida selectiva formales, enfrentan dificultades, debido a que antes de que el camión pase a recoger los desechos reciclables, los segregadores callejeros ya lo hicieron.

Además en los casos en que se institucionaliza el sistema de reciclaje con la participación de organizaciones de segregadores, otros, independientes, competirán en la vía pública con el sistema formal. Este fenómeno está en marcha en casi todas las ciudades medianas y grandes de América Latina y la perspectiva es que adquiera cada vez mayores proporciones.

En muchas ciudades sudamericanas se registra una fuerte reacción de los segregadores que actúan en los rellenos, cuando la municipalidad trata de tomar la iniciativa de clausurar el basural en el que trabajan e iniciar un nuevo relleno sanitario en el que esta actividad no será permitida. La gran resistencia de los segregadores, en general, se debe al riesgo de no más tener un ingreso, una vez que el poder público no tiene posibilidades de crear, de un momento a otro, centenas de puestos de trabajo o programas de generación de ingresos que reemplacen la actividad de segregación en los rellenos y en la vía pública. Esta situación perdurará mientras el desempleo sea uno de los principales flagelos de los países latinoamericanos.

Formas de contratación

Las administraciones municipales enfrentan dos grandes desafíos en relación con el manejo de los residuos de las ciudades latinoamericanas: la necesidad de universalizar los servicios y, al mismo tiempo, mejorar su calidad.

Como el presupuesto municipal es rígido, los alcaldes están empezando a buscar formas de contratación más eficaces y menos costosas. Por consiguiente, la mayoría de las ciudades medianas y grandes tercerizan las actividades de recolección, transferencia y disposición final, transfiriendo al sector privado la carga de las inversiones y de los costos de operación.

La municipalidad se hace cargo, como contrapartida, del pago mensual de las facturas por los servicios prestados, y de la coordinación y fiscalización de esos servicios. Últimamente algunas grandes ciudades han optado por contratar los servicios a través de concesiones a largo plazo, especialmente para la implementación de rellenos sanitarios de gran tamaño, para lo cual son necesarias pesadas inversiones y, por lo tanto, es necesario que los plazos de amortización sean más prolongados. Por lo general esta ha demostrado ser una solución satisfactoria, siempre y cuando los términos de referencia de los pliegos sean razonables, y los procesos de licitación respeten los límites de la ley y de la probidad administrativa.

Sustentabilidad económica del sector

De modo general, la recaudación de las municipalidades por tasa o tarifas específicas no cubre ni por cerca lo que es necesario para pagar los costos de la limpieza urbana. La morosidad en el pago es alta y no se puede hacer mucho para reducirla, puesto que la interrupción del servicio de recolección solo empeora el estado de limpieza de la ciudad, debido a que el domicilio que no fuera atendido buscará otro modo, ciertamente inadecuado, de librarse de los residuos.

Esta es una de las principales restricciones al buen desempeño de la gestión de los servicios, puesto que la administración municipal tiene que asignar a la limpieza urbana recursos de su presupuesto, sin contrapartida de recaudación, lo que perjudica a otras actividades de la municipalidad.

La búsqueda de recursos para invertir, conjuntamente con organismos gubernamentales nacionales o multilaterales, en la adquisición de equipos, tales como camiones de recolección, o en la construcción de instalaciones físicas, tales como rellenos sanitarios, no suele resolver el problema. Los recursos necesarios para mantener la operación de la limpieza urbana de forma adecuada y sustentable deben ser asignados en el presupuesto municipal y ese es el mayor desafío que enfrentan los administradores, desafío que los alcaldes encaran con mayor o menor voluntad política de acuerdo con su nivel de compromiso en estos temas.

Las tendencias de cambio

Muchos municipios están capacitando a sus técnicos y buscando recursos en organismos de los estados, provincias y nacionales con miras a mejorar el nivel de



calidad de los servicios. Esto se debe, no solo a la conciencia que han adquirido los alcaldes y la población acerca de la importancia del asunto, sino también a que ha mejorado la actuación de los órganos de control ambiental y del Ministerio Público, fiscal de la ley ante las municipalidades. Por lo tanto las administraciones municipales están firmando términos de compromiso que establecen plazos para que la prestación de los servicios alcance los niveles adecuados de calidad y cobertura. Nunca antes se habló tanto sobre el manejo de residuos sólidos municipales y parece que es inexorable la búsqueda, por parte de las municipalidades, con ayuda aunque sea esporádica de los gobiernos provinciales y nacionales, de modelos sustentables, tanto desde el punto de vista socioeconómico como ambiental.

2

Gestión integrada de residuos sólidos





Las ciudades de América Latina y el Caribe presentan grandes disparidades regionales y locales, lo que implica establecer nuevos conceptos, marcos y prácticas en lo que respecta a la gestión de los residuos sólidos. Algunas situaciones que se pueden demostrar:

- procesos industriales de alta tecnología dedicados a la inserción competitiva en los mercados globalizados con procesos industriales obsoletos que producen graves daños al medio ambiente;
- bolsones de consumo de patrón equivalente al de países desarrollados asociado con gran desperdicio, con amplias franjas de población que no tienen acceso a los bienes de consumo;
- disponibilidad de soluciones tecnológicas para el procesamiento de residuos con la carencia de recursos financieros y humanos para mantenerlas y con grandes contingentes de segregadores en las calles y en los depósitos de residuos.

Las prácticas tradicionales, por lo general aisladas y estancas, tratan de forma parcial el problema de los residuos sólidos, teniendo en cuenta solo la gestión de los sistemas y el manejo de plantas de tratamiento y la disposición final. Es fundamental que se tenga en cuenta también la generación de los residuos, la sustentabilidad de los sistemas y el papel de los ciudadanos – generadores, consumidores, recicladores y gestores –, para establecer una concepción compartida en la que todos salgan ganando y que tenga resultados socioambientales positivos.

El concepto de gestión integrada de residuos sólidos considera todo el ciclo de producción, consumo, desecho y disposición final. La puesta en práctica de este concepto va desde la minimización de la generación de residuos en el proceso productivo, incluyéndose los embalajes, hasta la maximización de su reaprovechamiento, a través de la implementación de sistemas de recolección más adecuados a cada situación, y de tecnologías y procesos de tratamiento, recuperación y reciclaje. De este modo solo quedan para disposición final los desechos que no tienen ninguna utilidad.

Es necesario hacer notar la importante diferencia con el enfoque tradicional del tema: siempre se consideran los residuos como materia prima para la producción de nuevos productos a través de la reutilización, el reciclaje o la recuperación. Los residuos tienen, por lo tanto, valor comercial que puede ser agregado a la cadena productiva y crear nuevas oportunidades de trabajo y de generación de renta para varios sectores de la sociedad.

La optimización de esos circuitos reduce al mínimo la cantidad de desechos destinados a la disposición final. Esta reducción colabora a la sustentabilidad económica y ambiental de los sistemas, debido a la disminución de la cantidad de desechos a ser recolectados, transportados y enviados a los rellenos sanitarios que, como consecuencia, ocuparán áreas de menor extensión o tendrán una vida útil más prolongada.

Se trata, por lo tanto, del enfoque preconizado por la Agenda 21: transformación de la matriz de producción y de consumo sobre la base de las 3R — reducir, reutilizar y reciclar — a las que se incorpora ahora una nueva R, la de recuperar, de modo que

pasan a llamarse las 4R. Se ha usado este modelo como herramienta para proponer la solución a los problemas creados por la cantidad creciente de residuos sólidos generados por la sociedad industrial.

“El manejo ambientalmente saludable de los residuos es más que la simple eliminación o aprovechamiento, a través de métodos seguros, de los residuos generados, es tratar de encarar la causa fundamental del problema a fin de cambiar los patrones no sustentables de producción y consumo. Esto implica el uso del ciclo vital, que ofrece la oportunidad única de conciliar el desarrollo con la protección del medio ambiente.”
(Agenda 21, capítulo 21)



Poner en práctica estos criterios y el concepto de gestión integrada de residuos sólidos en las ciudades de América Latina y el Caribe requiere el desarrollo de procesos participativos locales.

Los procesos participativos permiten que los diversos actores identifiquen oportunidades y soluciones para los problemas planteados por los residuos sólidos, por medio de la elaboración del Plan de Gestión Integrada de Residuos Sólidos (PGIRS).

Usualmente se recomienda que estos planes se elaboren a escala municipal o local. Sin embargo, es posible desarrollarse para un conjunto de municipios que pueden compartir algunas de las soluciones, especialmente la disposición final de los desechos. También se pueden establecer planes a escala regional o provincial e, incluso, planes nacionales en los países más pequeños. Cualquiera sea la escala a que se los proyecte, los PGIRS deben conjugarse con políticas nacionales y regionales sobre el tema.

Algunos elementos son fundamentales para desarrollar **procesos** de gestión integrada de residuos sólidos (GIRS), a saber:

- la participación de todos los actores públicos, privados y comunitarios en el planteo y la concepción de los procesos y las soluciones, y en la implementación del sistema de limpieza urbana;
- la integración de todos los elementos en el ciclo de los residuos sólidos en los procesos de las 4R;
- la integración de los aspectos técnicos, ambientales, sociales, jurídicos, institucionales y políticos para garantizar la sustentabilidad de los sistemas;
- la articulación de los sistemas propuestos para los residuos sólidos con el planeamiento urbano en su totalidad y con los otros sistemas urbanos, especialmente los de saneamiento ambiental, incluido el abastecimiento de agua, el alcantarillado sanitario, el drenaje de aguas pluviales y el control de vectores.

La gestión integrada depende de las actividades de subsistemas específicos que demandan instalaciones, maquinaria, mano de obra y tecnología, no solo disponibles en la municipalidad, sino también ofrecidos por los otros **agentes** que participan de la gestión, entre los cuales se encuadran:



- la población misma, a cargo de la separación y acondicionamiento diferenciado de los materiales reciclables y de los otros residuos domiciliarios;
- los grandes generadores, responsables de sus propios desechos;
- los segregadores, organizados en cooperativas, encargados de separar los materiales reciclables desechados por la población y venderlos a las empresas beneficiadoras;
- los establecimientos de salud, en los que se hace el manejo interno de los residuos infecciosos a fin de tornarlos inertes, o que ofrecen los residuos generados debidamente separados por tipo para la recolección diferenciada;
- la municipalidad, a través de sus agentes, instituciones y empresas contratadas que, por medio de contratos, acuerdos y convenios de cooperación ejerce, sin ninguna duda, el papel protagónico en la gestión integrada de todo el sistema.

La gestión integrada de los residuos sólidos incluye, además de los aspectos técnicos y financieros del sistema de limpieza urbana convencional y de los sistemas de disposición final, una dimensión prioritaria relacionada con ámbitos sociales, ambientales y político-institucionales, y con la sustentabilidad de los sistemas. Para garantizar la **sustentabilidad**, desde un punto de vista multidisciplinario y transdisciplinario, es importante procurar actitudes específicas en cada uno de los ámbitos:

Social – participación y control de la población, comunicación y educación ambiental como instrumentos de transformación de los hábitos personales y colectivos de producción y consumo, e inclusión social de los segregadores, que deben ser organizados y valorizados como asociados de la cadena productiva de residuos sólidos, a fin de generar renta y puestos de trabajo;

Ambiental – desarrollo de líneas de tecnología limpia aplicadas a los residuos sólidos; uso racional de los recursos naturales, considerando la minimización de la cantidad de residuos, recuperación del material reusable, y tratamiento y disposición final adecuados;

Económico-financiero – análisis del costo de los sistemas involucrados y posibilidad de minimizarlos a fin de hacerlos económicamente factibles; recuperación de los costos de operación por medio de mecanismos de cobro diferenciado, de acuerdo con el perfil de los generadores y con su capacidad de pago;

Político-institucional – integración entre el poder público y los otros actores e instituciones con una delimitación clara de responsabilidades; elaboración de políticas específicas para el ramo de los residuos sólidos; implementación de los instrumentos jurídicos y de los PGIRS, que incluyan la posibilidad de soluciones en consorcio;

Técnico-operativo – creación del sector específico y valorización del personal responsable; definición de programas de capacitación; determinación de la tecnología adecuada a cada situación; dimensionamiento de la maquinaria y de la mano de obra con miras a la universalización de los servicios públicos de limpieza urbana, independientemente del nivel socioeconómico y el origen étnico de la población.

3

Modelos institucionales y remuneración de los servicios





3.1 Concepto

El sistema de limpieza urbana de una ciudad debe ser institucionalizado de acuerdo con un modelo de gestión integrada que, en la medida de lo posible, tenga la capacidad de:

- promover la sustentabilidad económica de las operaciones;
- proteger el medio ambiente;
- preservar la calidad de vida de la población;
- contribuir a la solución de los aspectos socioeconómicos relacionados con el tema en cuestión.

El modelo de gestión de residuos sólidos municipales debe no solo permitir sino, por sobre todo, facilitar la participación de la población, para que tome conciencia de las diferentes actividades que forman parte del sistema, así como también de los costos implicados en su ejecución, reconociendo su papel como agente consumidor y, por consiguiente, generador de residuos sólidos.

El resultado directo de esta participación será seguramente la reducción de la generación de residuos en la fuente misma, la conservación de la limpieza de la vía pública, el acondicionamiento adecuado de los residuos para su recolección y, finalmente, una operación más barata.

Es importante que la población sepa que es ella quien paga por el sistema, a través del pago de impuestos, tasas o tarifas. En conclusión, la participación de la sociedad es clave para la sustentación del sistema. Mientras que deberá quedar a cargo del municipio el montaje de una gestión integrada que incluya, necesariamente, un programa de sensibilización de los ciudadanos a fin de que perciban la predisposición política para dar prioridad al sistema de gestión de residuos sólidos municipales.

Esta prioridad debe estar incluida en la definición de la política fiscal del municipio, técnica y socialmente justa, y, por consiguiente, en la asignación de las partidas presupuestarias necesarias para dar sostén económico al sistema, incluyendo la educación ambiental y el desarrollo de programas de generación de ingresos y puestos de trabajo.

La acción política se centra en la participación de los líderes sociales de la ciudad, de empresas privadas y de instituciones públicas que actúan en el municipio y asumen responsabilidades ambientales importantes.

La instrumentación política se concretará en la aprobación de los reglamentos de limpieza urbana, de forma que la ciudad legitime el modelo de gestión adoptado y la conducta social obligatoria, así como la definición de las infracciones y multas respectivas. Dicho reglamento debe reflejar con nitidez los objetivos del poder público en la concientización de la población sobre la gestión adecuada de los residuos sólidos urbanos y los problemas del medio ambiente.

3.2 Formas de administración

Por lo general le compete al municipio organizar y proveer, directamente o no, los servicios básicos esenciales de interés local. Por lo tanto, son de su competencia los servicios de limpieza urbana.

El servicio público es una actividad asumida por un colectivo público, con miras a satisfacer una necesidad de interés general.

Lo que caracteriza y distingue el servicio público de las otras actividades económicas es que es esencial para la comunidad. Por consiguiente, la provisión del servicio público es obligación del poder público y su gestión está sujeta a los principios del Derecho, específicamente relacionados con la atención eficiente a la comunidad.

Servicio público se define como toda actividad material asignada por ley al Estado para que la ejerza directamente o por medio de sus delegados, con objeto de satisfacer efectivamente las necesidades colectivas, bajo un régimen jurídico parcial o totalmente público.



Los servicios de limpieza urbana pueden ser administrados de diferentes formas:

Manejo municipal directo

En este caso la ejecución de las actividades de limpieza urbana está a cargo de una secretaría u organismo de la municipalidad.

Este modelo es usado generalmente por las ciudades de menor tamaño, puesto que no disponen de un volumen de servicios que resulte atractivo al sector privado.

A menos que hayan sido instrumentados para determinada situación, los problemas crónicos inherentes a este modelo son: presupuesto insuficiente, burocracia inevitable, bajo grado de capacitación, interferencia de la influencia política y crisis frecuentes en los servicios. El resultado negativo de este cuadro de dificultades es: población insatisfecha, problemas sanitarios y ambientales, costo de los servicios no claramente determinados.

Autoridad autónoma

Esta modalidad incluye la creación de una empresa pública para desempeñar específicamente la administración de la limpieza urbana.

Es un modelo más ágil que el de la administración directa a cargo de la municipalidad, más compatible con la dinámica inherente a las tareas cotidianas de la limpieza urbana. Permite, además, una mayor autonomía gerencial y facilita la creación de mano de obra especializada, además de mejores condiciones de planificación presupuestaria.



Ejemplos positivos de la administración de la limpieza urbana por empresas públicas municipales se encuentran en algunas ciudades de Ecuador, Colombia y Costa Rica con poblaciones que no sobrepasan los 500.000 habitantes. En estos casos las empresas tienen diversas responsabilidades tales como la planificación, la fiscalización y el cobro de las tarifas correspondientes a los servicios prestados. Adicionalmente, tiene la flexibilidad para adoptar alternativas más adecuadas para la prestación de los diferentes componentes de los servicios, incluyendo el barrido, tratamiento, disposición final y recuperación energética de los residuos, generando biogás y eventualmente vendiendo créditos de carbono³.

Este modelo solo se justifica en ciudades grandes, puesto que exige que se cree, se organice y se equipe una estructura orgánica nueva y especializada en la municipalidad.

Tercerización

Por este modelo, se contrata una empresa del sector privado para que ejecute una determinada actividad, mediante un mecanismo de remuneración predefinido sobre la base de la especificidad de los servicios a ser ejecutados y de conveniencias técnico-administrativas. La tercerización consolida el concepto de que la administración pública debe desempeñar las funciones prioritarias de planificación, coordinación y fiscalización, y puede dejar a cargo de las empresas privadas la operación propiamente dicha.

Es importante hacer notar que la tercerización de servicios puede hacerse a diferente escala, desde la contratación de empresas bien estructuradas especializadas en determinado rubro de operaciones, tal como la operación en rellenos sanitarios, hasta la contratación de microempresas o trabajadores autónomos, que puedan hacerse cargo de, por ejemplo, la recolección con carros de arrastre animal o la operación manual de rellenos de pequeño tamaño.

La tercerización, si fuera bien planificada – desde las especificaciones en la fase de licitación hasta la fiscalización del contrato –, puede ayudar en gran medida a la administración municipal a mejorar la calidad de los servicios provistos a la población, especialmente con respecto a la agilidad para responder de inmediato a las demandas operativas (por ejemplo, compra de repuestos para los vehículos recolectores).

En muchas ciudades de ALC se practica con frecuencia la tercerización de los servicios de limpieza urbana, es frecuente que las tareas de barrido o recolección queden en muchos casos en manos de pequeñas organizaciones de la sociedad civil. Algunos de estos mediante contratos que los Municipios establecen dejando ciertas funciones a ONGs, cooperativas de trabajadores o pequeñas empresas. Todos estos casos autentifican esta práctica como un tipo de tercerización eficiente delegando funciones del estado a la sociedad civil.

Concesión

En esta modalidad, la concesionaria planea, organiza, ejecuta y coordina el servicio, y puede, incluso, tercerizar operaciones y recaudar los pagos relacionados a su remuneración directamente del usuario/beneficiario de los servicios.

3. Taller de Gestión Integrada de Residuos Sólidos, organizado por el IDRC en San Pablo, Brasil, 2005.

Este modelo de gestión es adoptado en situaciones especiales, cuando el poder público no dispone de los recursos tecnológicos o presupuestarios necesarios para afrontar las intervenciones y las importantes inversiones indispensables para encauzar los problemas concernientes a la gestión de residuos sólidos municipales en general o a uno de sus rubros.

Por lo general, las concesiones son contratos a largo plazo que garanticen el retorno de la inversión en el sistema, mediante tarifas cobradas de los usuarios. Sin embargo, la gran dificultad radica en las pocas garantías que las concesionarias reciben en lo que respecta a la recaudación y al pago por sus servicios, y en la dificultad de los municipios para preparar los pliegos de licitación, calcular los costos y fiscalizar los servicios.

Sin duda este tipo de figura jurídica no ha sido efectiva para actividades de recolección, pero es muy difundido y con relativo éxito en gestión de rellenos sanitarios, debilitándose cuando se la aplica en pequeñas ciudades.

Mercado libre

Este modelo puede aplicarse, por ejemplo, a los grandes generadores de residuos sólidos, siempre que las ordenanzas municipales definan la cantidad máxima a ser retirada por el sistema de recolección domiciliaria común y establezcan que los grandes generadores tienen obligación de contratar, a su cargo, empresas previamente habilitadas para la retirada de sus residuos excedentes.

Una situación similar se da en el caso de la recolección de escombros de obra y otros desechos de la construcción civil, de forma de aliviar la carga del sistema público.

Consorcio

El consorcio es un convenio entre municipios, cuyo objetivo es alcanzar metas comunes previamente establecidas. Todos los recursos disponibles, humanos y financieros, de los municipios integrantes se unifican en un consorcio a fin de hacer posible la implementación de una acción, programa o proyecto determinado.

Cualquiera de estas alternativas, o de sus diferentes combinaciones, debe ser seleccionada en función del binomio “bajo costo y técnica correcta para el medio ambiente”, con miras a implantar un sistema autosustentable y resistente a los cambios de administración.

En los servicios públicos delegados a terceros por medio de concesión, el poder cedente se reserva la titularidad del servicio y el poder de fiscalización, lo que implica la necesidad de capacitación técnica y administrativa para ejecutar todos los actos atinentes al proceso, desde las decisiones técnicas, la definición de los referentes, la elaboración de los pliegos de licitación y del contrato, hasta la fiscalización y el control de la provisión/prestación de los servicios.



Tabla 1

Formas de administración de los servicios de limpieza urbana	
Administración	Descripción
Manejo municipal directo	Actividades de limpieza urbana a cargo de una secretaria u organismo de la municipalidad.
Autoridad autónoma	Administración de la limpieza urbana a cargo de una empresa pública, específicamente creada para esta finalidad.
Tercerización	Contratación de una empresa del sector privado para ejecución de determinadas actividades.
Concesión	Utilizado cuando el poder público no dispone de recursos financieros para afrontar las inversiones necesarias en el sistema.
Mercado libre	Aplicado a los casos en que las ordenanzas municipales definen límites máximos para su propia recolección, atribuyendo a los grandes generadores la responsabilidad por la contratación de una empresa de recolección a sus propios costos.
Consorcio	Convenio entre municipios para medidas y acciones comunes, especialmente en la disposición final de los residuos sólidos.

Las características urbanísticas, demográficas, económicas y las especificidades socioculturales de la población en el ámbito de la ciudad deben orientar la definición de la forma de administración, teniendo siempre como referencia los siguientes condicionantes:

- costo de la administración, gestión, y control y fiscalización de los servicios;
- autonomía o agilidad para planificar y tomar decisiones;
- autonomía de aplicación y reasignación de recursos presupuestarios;
- capacidad de inversión en desarrollo tecnológico, en sistemas informáticos y en control de calidad;
- capacidad de inversión en recursos humanos y en generación de ingresos y puestos de trabajo;
- respuesta a las demandas sociales y políticas;
- respuesta a diferentes coyunturas económicas;
- respuesta a emergencias de operación;
- respuesta al crecimiento de la demanda de servicios.

Tal como ya se ha dicho, la administración directa de la operación de todo el sistema de limpieza urbana es frecuente en ciudades pequeñas. En esos casos, el gestor, por lo general, es un departamento de la municipalidad o una de sus secretarías que comparte recursos con otros sectores de la administración pública.

Este tipo de administración, compartida con otros organismos de la municipalidad, usualmente tiene un costo bastante reducido en comparación con el costo de un organismo o una institución dedicada específicamente a la gestión de la limpieza urbana. Pero, por otra parte, los demás condicionantes citados son de difícil consecución y el servicio tiende a perder prioridad frente a otras áreas que comparten los recursos y que, eventualmente, pueden tener mayor visibilidad política.

La forma de administración de los servicios de limpieza urbana en ciudades turísticas debe prestar atención especial al crecimiento de la demanda de los servicios, teniendo en cuenta la estacionalidad que la caracteriza.



En los casos que la municipalidad tercerice los servicios de recolección de residuos y de limpieza de vías públicas, contratando empresas especializadas, y asume solo la administración de los contratos y la calidad de los servicios, el núcleo administrativo de la municipalidad puede ser reducido.

Por su parte, las empresas deben cobrar del gobierno municipal precios que cubran los gastos tanto de costo como de capital, liberando al municipio de la necesidad de invertir recursos en la adquisición y mantenimiento de máquinas y equipos.

En este caso, algunos aspectos pueden quedar sin resolverse totalmente, tales como los relacionados a las demandas sociales y políticas, los de carácter económico-coyuntural y las emergencias de operación, puesto que, en función de la forma de remuneración prevista en el contrato, no pueden ser debidamente valorados, previstos o predimensionados. Por consiguiente, es recomendable que la municipalidad establezca dispositivos contractuales o disponga de algún plan alternativo para afrontar esas contingencias.

Un modelo que merece ser destacado, en el caso de las ciudades grandes de Brasil, es la Compañía de Limpieza Urbana de la Ciudad de Río de Janeiro (COMLURB), o medianas de la región Andina, como es el caso de la Empresa de Aseo Público de Cuenca en Ecuador o Pereira en Colombia. Todas estas son compañías de limpieza urbana autónomas y, por lo tanto, en condiciones de definir sus presupuestos y establecer sus políticas de recursos humanos y, principalmente, la planificación, la estrategia y la logística de sus operaciones. Pueden, además, tercerizar la ejecución de servicios operativos, gerenciales y administrativos, y definir los referentes técnicos de los contratos. Estas compañías pueden desarrollar o subsidiar investigación y tecnología relacionadas con la ejecución de la limpieza urbana en general y en rubros específicos en particular y, por ser entidades dedicadas exclusivamente a la limpieza urbana, ponen en evidencia el compromiso de la municipalidad con el aseo de la ciudad y con el cuidado del ambiente urbano.

Cualquiera sea el modelo adoptado, las actividades deben ser siempre reguladas por el poder público.





En todos los casos y sea cual fuere la modalidad de administración, directa o autónoma, la municipalidad necesita compatibilizar dos temas:

- remunerar de forma correcta y suficiente los servicios;
- tener garantía de la recaudación de los valores destinados a la limpieza urbana.

3.3 Remuneración de los servicios

Las particularidades de la legislación impositiva de cada uno de los países de América Latina y el Caribe no permite hacer un resumen completo, desde un punto de vista común, del tema de la remuneración de los servicios de limpieza urbana.

Por consiguiente, este capítulo, se centra en los lineamientos básicos del tema y, en algunos casos, tal vez sea necesario una adecuación de las situaciones a las peculiaridades de la legislación de cada país.

El término "tarifa" se refiere al precio cobrado por un servicio público provisto de forma facultativa, es decir, la tarifa es proporcional a la cantidad y calidad del servicio, que deben ser bien definidas y calculadas específicamente.

Por otro lado, el término "tasa" se refiere al tributo sobre la disponibilidad de un servicio público por parte del poder público, ya sea que el contribuyente lo use o no. El valor de la tasa debe reflejar la divisibilidad entre los contribuyentes en función del potencial de uso de cada uno.



Respecto a la recaudación por los servicios prestados, el sistema de limpieza urbana puede ser simplemente dividido en los siguientes tres componentes: recolección de residuos domiciliarios, limpieza de la vía pública y disposición final. Por consiguiente, por la recolección de los residuos domiciliarios, por ejemplo, le corresponde a la municipalidad cobrar a la población una tasa específica, usualmente llamada "tasa de recolección de residuos (TRR)", en los casos de concesión, puede ser la empresa encargada de prestar tales servicios quien se encarga de cobrarlos. Ciertos servicios específicos, pasibles de ser medidos y cuyos usuarios estén perfectamente identificados, se les puede fijar un precio y, por lo tanto, pueden ser cobrados exclusivamente a través de una tarifa.

La financiación del sistema de limpieza urbana, es a cargo de la población casi en su totalidad, no se hace en forma directa, ni los recursos provenientes del pago de la tasa de recolección de residuos pueden estar asignados exclusivamente al sistema, debido a las ordenanzas impositivas municipales. De la misma forma, la municipalidad no puede cobrar a los habitantes de una calle los servicios de barrido y limpieza de esa calle en particular porque es un servicio indivisible. Es necesario, por consiguiente, que la municipalidad garantice, por medios políticos, asignaciones presupuestarias que sustenten adecuadamente el costo del sistema y las inversiones requeridas.

Aunque existe una tendencia incipiente en ciertas ciudades latinoamericanas que los costos de las tarifas estén relacionadas a los volúmenes de residuos generados, esta se relaciona a áreas geográficas determinadas y siguen el principio "quien más ensucia más paga".

Respecto a la morosidad de los contribuyentes o de los usuarios, son pocas las soluciones legales para resolver la situación. La recolección o retirada de residuos no son servicios que puedan ser suspendidos por falta de pago de la factura, como lo son la provisión de electricidad o de agua corriente. La falta de pago de la tasa de recolección de residuos, por ejemplo, no puede ser combatida con la suspensión del servicio y de atención al contribuyente moroso, debido a que los residuos que él ponga en la vía pública tienen que ser recogidos de cualquier forma, por razones de salud pública.

De modo que no hay muchas armas. Aunque sea una medida legalmente dudosa, en algunos casos se recurre a la inscripción del inmueble del deudor moroso en el registro de la deuda pública del municipio. Sin embargo esta medida tiene poco valor punitivo, porque representa una amenaza al deudor solo en ocasión de la eventual alienación del inmueble.

Respecto a la base de cálculo de la remuneración de los servicios de limpieza urbana a través de la cobranza de una tasa municipal, no hay consenso en cuanto a la forma más adecuada de calcularla. Se ha intentado correlacionar la producción de residuos con el consumo de agua corriente, de energía eléctrica, medida del frente del terreno, etc. En algunos países, solo una reforma impositiva podrá dotar a los municipios de los instrumentos necesarios para que se resarzan, de forma socialmente justa, por los servicios de limpieza urbana provistos a la población.

Una vez solucionados estos asuntos, es necesario hacer notar que los recursos provenientes de las tasas de aseo y gestión de residuos ingresan al Tesoro Municipal. No hay garantías, a no ser la voluntad política de la administración o a través de formas de contralor público en los presupuestos, de que serán usados en el sector de la limpieza urbana. Es necesario destacar también que la actualización o corrección del valor de la tasa depende de la autorización del consejo municipal que, por lo general, no está dispuesto a aumentar la carga impositiva de los vecinos, en especial si se tienen en cuenta las condiciones socioeconómicas de la mayoría de la población de los países de América Latina y el Caribe.

Es necesario, por lo tanto, invertir la tendencia de relegar a planos no prioritarios los servicios de limpieza urbana que, a raíz de eso, reciben menos recursos que los necesarios. Si no fuera posible remunerar adecuadamente el sistema, la calidad de los servicios se verá perjudicada y se mantendrá el círculo vicioso. La gestión de residuos sólidos municipales será mal realizada, debido a la carencia de los recursos necesarios, y la población puede no aceptar el pago de las tasas porque no recibe servicios de calidad.



La municipalidad necesita optar por uno de los siguientes caminos:

- hacer frente, durante un cierto tiempo, al costo político que implica un aumento de la carga impositiva, en caso de que fuera necesario, hasta que el cuadro se revierta al mejorar la calidad de los servicios provistos;
- subsidiar los costos del servicio durante el período inicial, hasta que la calidad de los servicios alcance un nivel adecuado, momento a partir del cual el subsidio puede ser disminuido gradualmente a medida que su valor se incorpore a la tasa cobrada específicamente para remunerar los servicios.

Respecto a las inversiones, tanto en adquisición de equipos como en instalación de unidades de tratamiento y disposición final, las municipalidades necesitan casi invariablemente recurrir a fuentes de financiación que no siempre ofrecen condiciones adecuadas ni se hace fácil adaptarse a los prerequisites establecidos.

Una solución factible para las municipalidades que no disponen de recursos para inversión, como ya mencionado, es la tercerización, a través de la contratación de empresas privadas para que con sus propios medios (mano de obra y maquinaria), ejecuten los servicios de recolección, limpieza de la vía pública, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

La concesión también puede ser una alternativa en esos casos, especialmente cuando las inversiones requeridas sean de monto más alto y demanden plazos de amortización más prolongados, a fin de posibilitar que se determine una tarifa para remunerar a la empresa concesionaria.

Cabe abrir aquí un paréntesis sobre la gestión de los residuos industriales. En este caso, el equilibrio y la sustentabilidad deben procurarse entre los generadores y los centros de tratamiento y disposición final, también operados por el sector privado. Las inversiones en estas unidades son aún más altas y la obtención de licencias otorgadas por los organismos de control ambiental, es un proceso largo y complicado. De cualquier forma, se supone que, cuando una industria prepara un determinado producto, en el precio de venta al público está incluido el valor necesario para cubrir los costos de la adecuada disposición final de los desechos provenientes del proceso de producción.

La remuneración del sistema de limpieza urbana se calcula aplicando la siguiente ecuación básica:

$$\begin{aligned} \text{Remuneración} &= \text{Gastos} \\ \text{Gastos} &= \text{recursos del Tesoro Municipal} + \text{recaudación de la TRR} \\ &\quad + \text{recaudación por tarifas e ingresos diversos} \end{aligned}$$

La remuneración debe cubrir los costos del sistema. Los costos deben incluir los gastos de la mano de obra, transporte, mantenimiento, reposición y renovación de los vehículos y otros equipos; servicios de respaldo, inspección y apoyo; gastos de capital, investigación y desarrollo tecnológico y administración.



Independientemente del modelo de gestión, los recursos del Tesoro Municipal y la recaudación de las tarifas posibles deben ser equivalentes al presupuesto de gastos y costos de capital de todas las operaciones involucradas en la limpieza de la ciudad.

La remuneración de los servicios de recolección de residuos de grandes generadores (restaurantes, hoteles, supermercados, etc.), así como los servicios que pueden ser tarifados (medidos), tales como la recolección especial, la recogida de residuos de establecimientos de salud y la remoción de escombros de obra y bienes desechados, puede estar a cargo de las empresas recolectoras, habilitadas por la municipalidad.

Es necesario hacer notar que todas las actividades operativas que no estuvieran sustentadas por tarifas adecuadas y por un sistema eficiente de recaudación, tendrán que ser sustentadas con recursos del Tesoro Municipal y, por consiguiente, se deben asignar partidas presupuestarias específicas en el rubro de gastos de limpieza urbana, bajo pena de obligar a la municipalidad a reasignar recursos destinados a otras áreas.

Es importante resaltar que una forma eficiente de disminuir los costos del sistema de limpieza urbana es motivar a la población a reducir la cantidad de residuos generados, e implementar programas específicos de segregación de los residuos reciclables en la fuente y su recolección selectiva, o la creación de subsidios a los residuos a fin de fomentar el reciclaje.

El cobro de una tasa realista y socialmente justa, que la población pueda afrontar y que efectivamente cubra los costos de los servicios, aplicando el principio “quien puede paga más”, implica medidas políticas que exigen habilidad y empeño del alcalde.



3.3.1 Directrices para el cálculo de la tasa de recolección de residuos

Para que el sistema sea sustentable económicamente, la unidad básica de la tasa de recolección de residuos (TRR) debe ser el cociente entre el total del presupuesto de mantenimiento de los servicios de recolección de residuos domiciliarios y la cantidad de hogares de la ciudad.

Es fundamental que se establezcan mecanismos confiables de administración y control de todos los servicios relacionados a limpieza urbana, de forma de definir correctamente los montos efectivamente gastados en la provisión de los servicios y, por consiguiente, la base de cálculo adecuada para la financiación necesaria para que el sistema sea eficiente y sustentable.

El valor unitario debe ser adecuado a las particularidades de los diferentes barrios de la ciudad, teniendo en cuenta factores tales como el estrato social de los habitantes (buscando una tarifación socialmente justa) y las características de la operación.



El estrato social se define en función del poder adquisitivo promedio de los habitantes de diferentes zonas de la ciudad y, por lo general, se aplica un criterio distributivo de modo tal que la población que goza de mayor renta subsidie los servicios provistos a la menos favorecida.

La característica operativa refleja el mayor o menor esfuerzo, de mano de obra y material, invertido en la recolección, sea en función del uso del inmueble (comercial, residencial, etc.), sea como consecuencia de la ubicación o de la necesidad de invertir montos más altos (densidad demográfica, condiciones topográficas, tipo de pavimento, etc.).

Durante los últimos años, una visión más conservacionista está ganando terreno en la definición de las políticas tarifarias referidas a la limpieza urbana. Esta política implica un mayor compromiso de la comunidad para separar sus desechos en la fuente de generación (hogar, comercio, mercado, etc.), de forma de facilitar la recolección, manipulación y, sobre todo, el reciclaje. Este es un aspecto importante a ser incentivado, pero depende de una amplia campaña de motivación y educación de la comunidad. Un beneficio económico para la población sería instituir la forma de cobro por cantidad de basura generada, o sea, quien produce más basura, paga más.

En el presupuesto no se deben dejar de lado los costos correspondientes a la transferencia, transporte, tratamiento y disposición final, ni los relacionados con la administración, gestión, sistemas de control, gastos de capital, educación y desarrollo tecnológico vinculados a la recolección.

4

Legislación y licencias ambientales





4.1 Introducción

La gestión integrada del sistema de limpieza urbana del municipio se basa en la premisa, conceptual y fundamental, de la participación de la población y del ejercicio político sistemático ante las instituciones vinculadas a todas las esferas de gobierno pertinentes.

La población participa de dos formas en la gestión:

- contribuyendo a la remuneración de los servicios y fiscalizándolos;
- colaborando con la limpieza, ya sea reduciendo la cantidad de desechos, reaprovechando, separando o clasificando y reciclando materiales, acondicionando adecuadamente los residuos para la recolección, o no arrojando desechos a la vía pública.

Se debe considerar la colaboración de la población como el principal agente de transformación de la eficiencia de los servicios en resultados operativos y presupuestarios.

Se puede estimular a la población para que reduzca la cantidad de desechos a fin de disminuir los costos de operación. A esta acción se le podría llamar el principio de confiabilidad y colaboración de la población para la gestión integrada de residuos sólidos.

Las medidas que hacen el servicio de limpieza urbana confiable y la colaboración de la población forman un poderoso binomio que es capaz de solucionar los principales problemas relacionados con el sistema de limpieza urbana. Estas medidas, referidas al desarrollo de operaciones de calidad y que forman parte de un programa bien estructurado de educación ambiental, requieren instrumentos legales que las respalden.

4.2 Legislación

Son tres las vertientes legislativas importantes para instrumentar el sistema de limpieza urbana:

- la primera, de orden político y económico, establece las formas legales de la institucionalización de los administradores del sistema y las formas de remuneración y cobro por los servicios;
- la segunda, que conforma un código de conducta, orienta, regula, determina los procedimientos y hábitos correctos de los contribuyentes y de los agentes de la limpieza urbana, y define los procesos administrativos y las medidas punitivas;
- la tercera es el aparato legal que regula la relación con el medio ambiente en general para todo el país y, en especial, las licencias para la implementación de actividades que representen riesgos a la salud pública o al medio ambiente.

En los países de América Latina y el Caribe hay una amplia legislación, formada por leyes, decretos, ordenanzas, resoluciones y normas que ponen de manifiesto la

creciente preocupación por la protección del medio ambiente. Respecto a la limpieza urbana en particular, las iniciativas están más concentradas en los concejos municipales, en las leyes orgánicas y demás instrumentos legales locales.

De este modo, por ejemplo, la Constitución Federal Brasileña determina que el municipio tiene categoría de ente político, tal como se infiere de los artículos 1º y 18º, que establecen que la Federación Brasileña está constituida por la Unión, los estados y los municipios. Los municipios pueden legislar, prestar servicios e instituir y cobrar tributos municipales, además de elegir sus alcaldes y concejales.

A los municipios les compete también, como lo establece los apartados VI y VII del art. 23, proteger el medio ambiente, combatir la contaminación y preservar los bosques, la fauna y la flora. El art. 30 en su apartado I, les permite legislar sobre intereses locales y, por consiguiente, determinar la política municipal referida al medio ambiente. El apartado II, del mismo artículo, los autoriza a suplementar la legislación federal y estadual, en lo que correspondiera y el apartado VIII, les otorga competencia exclusiva para legislar sobre el ordenamiento del territorio, mediante el planeamiento del uso del suelo.

El art. 225 de la Constitución Federal también establece que el municipio tiene el deber de proteger el medio ambiente, puesto que impone al poder público (Unión, Estado y Municipio) y a la colectividad el deber de defenderlo y preservarlo para las generaciones presentes y futuras. Por consiguiente, el municipio puede legislar sobre protección ambiental y ejercer el poder de policía administrativa.

En la mayor parte de los países de América Latina y el Caribe, el municipio puede, en su ley orgánica, reglamentar la concesión de licencias por parte del organismo municipal competente para la explotación de los recursos hídricos y minerales, así como los otros instrumentos del poder público destinados a proteger el medio ambiente, incluida la celebración de convenios para perfeccionar la gestión medioambiental.

Además, al instituir el plan director de cada ciudad, se puede establecer, en el capítulo que trata de la política medioambiental, la implantación de un sistema de gestión ambiental encargado de la ejecución de la política ambiental (Consejo Municipal del Medio Ambiente, Fondo de Conservación del Medio Ambiente y Secretaría Municipal del Medio Ambiente).

El sistema de gestión ambiental comprenderá, por lo tanto, entre otros instrumentos, el diseño de proyectos de protección del medio ambiente directamente o por medio de convenios, la implementación del proceso de evaluación del impacto ambiental, el análisis de los proyectos, obras o actividades que, efectiva o potencialmente, producen degradación ambiental, y deberá exigir, cuando sea necesario, estudios de impacto ambiental o garantías de recuperación ambiental para conceder la licencia pertinente.

De modo que las municipalidades deberán apoyarse en sus leyes orgánicas para decidir, en función de la escala urbana (determinada por la cantidad de habitantes) y de la situación socioeconómica y cultural, entre las alternativas posibles de institucionalización del sistema de limpieza urbana, las formas de gestión, el cobro de tasas y tarifas y la asociación con otras entidades que puedan actuar o cooperar, independientemente de su naturaleza institucional en el país.



Específicamente, la ordenanza municipal de limpieza urbana debe ser la espina dorsal del sistema de limpieza urbana de la ciudad, puesto que establece todos los principios fundamentales que deben orientar la conducta del poder municipal y de la población.

En los últimos tiempos se está imponiendo una visión innovadora en la evaluación del medio ambiente, conocida como gestión ecosistémica: la incorporación del concepto de cuencas hidrográficas en la definición de las áreas de influencia o de impacto de determinado proyecto, lo que requiere instrumentos legales que extrapolen las competencias municipales. Este concepto cobra particular importancia cuando se trata de la operación de vertederos inadecuados de residuos sólidos aguas arriba de cuerpos hídricos que integran la cuenca hidrográfica usada para el abastecimiento de otras ciudades.

La deposición de residuos en cursos de agua representa riesgos ambientales y torna la población más vulnerable, sobretudo en casos de desastres naturales, en particular inundaciones.

4.3 Licencias ambientales

Es necesario, por lo tanto, instituir un sistema de concesión de licencias ambientales que defina las responsabilidades y los criterios de evaluación del impacto ambiental y determine las actividades que requieren un estudio de impacto ambiental previo, entre las cuales se incluya la implementación de rellenos sanitarios.

Muchos países de América Latina cuentan con leyes que otorgan a los respectivos Ministerios del Medio Ambiente el derecho de instituir licencias, por ejemplo en Colombia, Chile, Paraguay, Perú y Brasil entre otros.

En el Brasil, una ley federal establece, como instrumentos de la Política Nacional del Medio Ambiente, la concesión de licencias y la revisión de las actividades "efectiva" o "potencialmente" contaminantes. La misma ley determina que la construcción, instalación, ampliación y funcionamiento de establecimientos y actividades que utilicen los recursos ambientales y que sean consideradas, efectiva o potencialmente, contaminantes o capaces de causar degradación ambiental, dependerán de la concesión previa de licencias por el órgano competente de la provincia, integrante del Sistema Nacional del Medio Ambiente — SISNAMA, sin desmedro de otras licencias exigibles.

Otro instrumento legal, haciéndose eco del texto de la ley de Política Nacional del Medio Ambiente establece que el poder público, en ejercicio de sus funciones de control, otorgará las respectivas licencias previas a la instalación y puesta en operación. En muchos casos se requiere una renovación de estas para autorizar el re-inicio de operaciones.

A fin de facilitar la concesión de licencias para nuevos rellenos sanitarios y la recuperación de los basurales en los municipios de pequeño y mediano tamaño, se puede prever una legislación específica que simplifique los trámites de las licencias ambientales y los adapten a la capacidad económica del Tesoro Municipal.

4.4 Normas reglamentales aplicables a los residuos sólidos

En otros países de América Latina y el Caribe, hay resoluciones legales que tratan de residuos sólidos, tales como las que:

- prohíben la entrada en el país de materiales residuales destinados a la disposición final y a la incineración;
- disponen sobre el sistema de concesión de licencias ambientales, y regulan sus aspectos en la forma de la ley, y establecen criterios para el ejercicio de la competencia para conceder licencias;
- crean áreas de seguridad aeroportuarias para aeródromos, restringiendo la instalación en esas áreas de actividades de naturaleza peligrosa que puedan ser foco de atracción de pájaros;
- definen las responsabilidades y criterios de evaluación del impacto ambiental y determinan las actividades que requieren de un estudio de impacto ambiental;
- establecen los criterios de exigencia para la obtención de licencias para obras de saneamiento;
- determinan los procedimientos adecuados para la manipulación de cargas deterioradas, contaminadas, fuera de las especificaciones o abandonadas, que serán tratadas como fuentes potenciales de riesgo al medio ambiente, hasta que el órgano medioambiental competente se haga cargo;
- disciplinan el descarte y la gestión medioambientalmente adecuados de pilas y baterías usadas, en lo que respecta a la recolección, reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final;
- disponen medidas sobre el proceso de concesión de licencias ambientales para actividades industriales y sobre los residuos generados o existentes que deberán ser objeto de control específico;
- tratan de la disposición final de los neumáticos desechados, baterías eléctricas de automotores, camiones y ómnibus, aceites usados, etc.;
- establecen la definición, clasificación y procedimientos mínimos para la gestión de residuos sólidos de establecimientos de salud y de los residuos provenientes de puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias y terminales de ómnibus;
- determinan el código de colores para los diferentes tipos de residuos, que debe ser usado en la identificación de contenedores, así como en las campañas educativas sobre la separación de residuos;
- definen el tratamiento y la disposición final de residuos de establecimientos de salud.

Por último, es necesario mencionar los dispositivos pasibles de reglamentación a través de normas técnicas, entre los cuales destacan:

- clasificación de los residuos sólidos respecto a los riesgos potenciales al medio ambiente y a la salud pública, para que cada tipo de residuo tenga un manejo y destino adecuado;



- definición de las condiciones mínimas exigibles para el proyecto, instalación y operación de rellenos de residuos no peligrosos, a fin de proteger adecuadamente los recursos hídricos superficiales y subterráneos cercanos, así como a los operarios de las instalaciones y a los habitantes de la vecindad;
- definición de los criterios para el proyecto, instalación y operación de rellenos de residuos peligrosos;
- definición de los criterios para presentación de proyectos de instalación de rellenos controlados de residuos sólidos municipales;
- definición de los criterios para presentación de proyectos de instalación de rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales.

5

Residuos sólidos: origen, definición y características





5.1 Definición de basura y residuos sólidos

Por lo general la población piensa: "basura es todo lo que ya no se quiere y se tira; cosas inútiles, viejas y sin valor."

Sin embargo, técnicamente, algunas entidades normativas definen la basura como "restos de las actividades humanas, que pueden ser sólidos o semisólidos, y son considerados inútiles, indeseables o desechables por los generadores" (sustancias o productos con contenido de humedad de menos del 85%).

Normalmente, los autores de estudios sobre residuos sólidos usan indistintamente los términos "desechos" y "residuos sólidos". En este manual, residuo sólido o desecho es todo material sólido o semisólido indeseable y que debe ser retirado porque quien lo desecha lo considera inútil y se deshace de él poniéndolo en cualquier recipiente destinado a ese fin.

Es necesario destacar, sin embargo, hasta qué punto es relativa la condición de inservible de la basura, puesto que lo que no le sirve para nada a quien lo desecha, puede ser transformado en materia prima de un nuevo producto o proceso. Por consiguiente, la idea de reaprovechamiento de residuos convoca a la reflexión sobre el concepto clásico de residuos sólidos. Es como si solo pudiera considerarse basura a aquello que nadie más reivindique como aprovechable para un nuevo uso.

5.2 Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos pueden ser clasificados de diferentes formas. Las clasificaciones más usuales tienen en cuenta los riesgos potenciales de contaminación del medio ambiente o la naturaleza de los residuos o su origen.

5.2.1 Respecto a los riesgos potenciales de contaminación del medio ambiente

Los residuos sólidos pueden ser clasificados en:

CLASE I RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS

Son los residuos que, por sus características intrínsecas de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad o patogenicidad, representan riesgos para la salud pública a través del aumento de la mortalidad o de la morbilidad, o producen efectos adversos al medio ambiente, al ser manipulados o dispuestos de forma inadecuada.

CLASE II RESIDUOS SÓLIDOS NO INERTES

Son los residuos con características de combustibilidad, biodegradabilidad o solubilidad, que pueden representar riesgos para la salud o para el medio ambiente, pero que no se encuadran en la clasificación de residuos Clase I de residuos peligrosos o Clase III de inertes.

CLASE III RESIDUOS SÓLIDOS INERTES

Son los residuos que, por sus características intrínsecas, no ofrecen riesgos para la salud ni para el medio ambiente y que, al ser muestreados de forma representativa, según las normas adecuadas, y sometidos a contacto estático o dinámico con agua destilada o deionizada a temperatura ambiente (pruebas de disolución), no tuvieran ninguno de sus componentes disueltos en concentraciones superiores a los patrones de potabilidad del agua, excepto los que se refieren a aspecto, color, turbidez y sabor.

5.2.2 Respetto a la naturaleza u origen

El origen es el elemento principal para caracterizar los residuos sólidos. De acuerdo con este criterio, los diferentes tipos de residuos sólidos pueden ser agrupados en cinco categorías, a saber:

- Residuos residenciales o domiciliarios
- Residuos comerciales
- Residuos de la vía pública
- Residuos domiciliarios especiales:
 - escombros
 - pilas y baterías
 - tubos fluorescentes
 - neumáticos
- Residuos de fuentes especiales:
 - residuos industriales
 - residuos radiactivos
 - residuos de puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias y terminales de ómnibus
 - residuos agrícolas
 - residuos de establecimientos de salud

RESIDUOS RESIDENCIALES O DOMICILIARIOS

Son los residuos generados por las actividades diarias de casas, departamentos, barrios cerrados y otros tipos de edificios residenciales.

RESIDUOS COMERCIALES

Son los residuos generados por establecimientos comerciales, cuyas características dependen de la actividad que esos establecimientos desarrollan.



En las actividades de limpieza urbana, los tipos "residencial" y "comercial de pequeños generadores" constituyen lo que se llama "residuos domiciliarios", que, conjuntamente con los residuos de la limpieza de la vía pública, representan la mayor parte de los residuos sólidos producidos en las ciudades.

El grupo de los residuos comerciales, así como los escombros de obra, puede ser subdividido en dos grupos: "pequeños generadores" y "grandes generadores".

El reglamento de la limpieza urbana del municipio podrá definir con precisión estos dos subgrupos. El parámetro a adoptar podría ser:

Pequeños generadores de residuos comerciales son los establecimientos que generan hasta 120 litros de residuos por día.

Grandes generadores de residuos comerciales son los establecimientos que generan un volumen de residuos que supera ese límite.

De forma similar, los pequeños generadores de escombros de obra son las personas o empresas que generan hasta 1.000kg o 50 bolsas de 30 litros por día, y grandes generadores de escombros son las que generan un volumen diario de residuos superior a ese límite. Obviamente esta directriz no puede ser adoptada sin establecer, también, algún intervalo mínimo de tiempo entre dos recolecciones de escombros para un mismo generador y / o límites cumulativos (volumen y peso) para el mismo generador a lo largo de determinado período.

Por lo general, el límite establecido en la definición de los pequeños y grandes generadores de residuos sólidos debe corresponder a la cantidad promedio de residuos generados diariamente por una vivienda particular con cinco habitantes.

En un sistema de limpieza urbana es importante que se definan los subgrupos de "pequeños" y "grandes" generadores, puesto que la recolección de los residuos producidos por los grandes generadores puede ser tarifada y, por lo tanto, transformarse en una fuente adicional de ingresos que ayude a la sustentación económica del sistema.

Es importante que se identifique a los grandes generadores a fin de que los residuos generados por ellos sean recolectados y transportados por una empresa particular habilitada por la municipalidad. Esta práctica disminuye de un 10 a un 20% el costo de recolección domiciliaria de residuos del municipio.

RESIDUOS DE LA VÍA PÚBLICA

Son los residuos que se encuentran en la vía pública producidos por lo general por la naturaleza, tales como hojas, ramas, polvo, tierra y arena, y aquellos desechados de forma irregular e indebida por la población, tales como escombros, bienes considerados inservibles, papeles, y restos de envases y de alimentos.

Los residuos de la vía pública están directamente relacionados con el aspecto estético de la ciudad. Por lo tanto, se debe poner especial atención en la planificación de las actividades de limpieza de la vía pública de las ciudades turísticas.

RESIDUOS DOMICILIARIOS ESPECIALES

Este grupo comprende los escombros de obra, pilas y baterías, tubos fluorescentes y neumáticos. Es importante hacer notar que los escombros de obra también conocidos como residuos de la construcción civil, solo se encuadran en esta categoría debido a la gran cantidad en que son generados y a la importancia que está adquiriendo su recuperación y reciclaje en el ámbito mundial.

Escombros

La industria de la construcción civil es la que más recursos naturales consume y la que más residuos genera. En muchos países, la tecnología normalmente aplicada en la construcción de nuevas edificaciones favorece el desperdicio de materiales. Mientras que en los países desarrollados el promedio de residuos provenientes de la construcción de nuevas edificaciones se mantiene por debajo de los 100kg/m², en el Brasil, por ejemplo, este índice gira alrededor de los 300kg/m² construido.

En términos cuantitativos, este material corresponde a un 50% de la cantidad en peso de los residuos sólidos municipales recolectados en ciudades con más de 500.000 habitantes de diferentes países.

Respecto a la composición, los residuos de la construcción civil son una mezcla de materiales inertes, tales como hormigón, mortero, madera, material plástico, cartón, vidrio, metales, cerámicos y tierra.

Tabla 2

Composición promedio de los escombros de obra en el Brasil	
Componentes	Porcentaje (%)
Mortero	63,0
Hormigón y bloques de hormigón	29,0
Otros	7,0
Residuos orgánicos	1,0
Total	100,0

Fuente: USP - Universidad de San Pablo.



Pilas y baterías

El principio básico de las pilas y baterías es convertir energía química en energía eléctrica usando como combustible un metal. Pueden ser de diferentes formas y tamaños (cilíndricas, rectangulares, botones) y contener uno o más de los siguientes metales: plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), níquel (Ni), plata (Ag), litio (Li), zinc (Zn), manganeso (Mn) y sus compuestos.

Las sustancias de las pilas que contienen esos metales tienen características de corrosividad, reactividad y toxicidad y se clasifican en el grupo de "Residuos peligrosos — Clase I".

Las sustancias que contienen cadmio, plomo, mercurio, plata y níquel provocan impactos negativos sobre el medio ambiente y, en especial, sobre la salud humana. Otras sustancias contenidas en las pilas y baterías, como el zinc, el magnesio y el litio, también provocan problemas al medio ambiente, tal como se verifica en la tabla 3.

Tabla 3

Potencial contaminante de los elementos químicos usados en pilas y baterías	
Elemento	Efectos sobre la salud humana
Pb (plomo)*	<ul style="list-style-type: none"> dolores abdominales (cólicos, espasmos y rigidez) disfunción renal anemia, problemas pulmonares neuritis periférica (parálisis) encefalopatía (somnolencia, manías, delirios, convulsiones y coma)
Hg (mercurio)	<ul style="list-style-type: none"> gingivitis, salivación, diarrea (con sangre en las heces) dolores abdominales (especialmente epigastrio, vómitos, gusto metálico en la boca) congestión, inapetencia, indigestión dermatitis e hipertensión arterial estomatitis (inflamación de la mucosa bucal), ulceración de la faringe y el esófago, lesiones renales y en el tubo digestivo insomnio, dolores de cabeza, colapso, delirios, convulsiones lesiones cerebrales y neurológicas que producen trastornos psicológicos que afectan el cerebro
Cd (cadmio)*	<ul style="list-style-type: none"> problemas digestivos (náusea, vómito, diarrea) disfunción renal problemas pulmonares envenenamiento (al ser ingerido) neumonitis (al ser inhalado) cáncer

* Incluso en pequeña cantidad

Tabla 3 (cont.)

Elemento	Efectos sobre la salud humana
Ag (plata)	<ul style="list-style-type: none"> • disturbios digestivos e impregnación bucal • argiria (intoxicación crónica caracterizada porque la piel toma un color azulado) • muerte
Li (litio)	<ul style="list-style-type: none"> • inhalación — se producirá una lesión aunque reciba atención inmediata • ingestión — mínima lesión residual, si no se aplicara ningún tratamiento
Mn (manganeso)	<ul style="list-style-type: none"> • disfunción del sistema neurológico • afecciones neurológicas • tartamudez e insomnio
Zn (zinc)	<ul style="list-style-type: none"> • problemas pulmonares • puede producir lesión residual, a menos que reciba tratamiento de inmediato • contacto con los ojos — se producirá una lesión grave aunque sea atendido de inmediato
Ni (níquel)	<ul style="list-style-type: none"> • cáncer • dermatitis • intoxicaciones en general

Ya se encuentran en el mercado pilas y baterías fabricadas con elementos no tóxicos, que pueden ser descartadas sin mayores problemas conjuntamente con los residuos domiciliarios.

Tubos fluorescentes

Los tubos fluorescentes, tanto los tubos cilíndricos comunes como las lámparas fluorescentes compactas, contienen vapor de mercurio. Este tipo de lámparas liberan mercurio al quebrarse, quemarse o ser enterradas en rellenos sanitarios, de modo que se clasifican entre los residuos peligrosos Clase I, debido a que el mercurio es una sustancia tóxica que ataca el sistema nervioso humano y, al ser inhalado o ingerido, puede provocar una enorme variedad de problemas fisiológicos.

Una vez liberado en el medio ambiente, el mercurio que llega a los cuerpos de agua produce la “bioacumulación”, es decir, aumenta progresivamente la concentración en los tejidos de los peces, lo que hace su consumo menos saludable e, incluso, peligroso. Las mujeres embarazadas que se alimentan de pescado contaminado transfieren el mercurio a los fetos, que son particularmente sensibles a sus efectos tóxicos. La acumulación de mercurio en los tejidos también puede darse en otras especies silvestres, tales como aves acuáticas y otros animales.



Neumáticos

La disposición inadecuada de los neumáticos genera muchos problemas ambientales. Si se los deja al aire libre, a la intemperie, los neumáticos acumulan agua y sirven de criadero para la proliferación de mosquitos. Si se los encamina a rellenos convencionales provocan el ahuecamiento de la masa de residuos y aumentan la inestabilidad del relleno. Si se los incinera, la combustión del caucho genera enormes cantidades de partículas y de gases tóxicos, de modo que es necesario un sistema de tratamiento de gases sumamente eficiente y caro. Por todas estas razones, el desecho de neumáticos se ha convertido en un problema ambiental grave todavía sin una solución realmente eficaz.

RESIDUOS DE FUENTES ESPECIALES

Son residuos que, por sus características peculiares, exigen manipulación, acondicionamiento, acopio, transporte y disposición final especiales. Los residuos de fuentes especiales que merecen ser destacados son:

Residuos industriales

Son los residuos generados por la actividad industrial. Su composición es muy variada y los materiales tienen diferentes características, en función del tipo de producto manufacturado. Es necesario, por consiguiente, estudiarlos caso por caso para poder clasificarlos como: Clase I (peligrosos), Clase II (no inertes) y Clase III (inertes).

Residuos radiactivos

Estos son los residuos que emiten radiaciones que superan los límites permitidos por las normas ambientales. Por la especificidad y peligrosidad inherentes a este tipo de residuos, su manipulación, acondicionamiento y disposición final están a cargo de organismos públicos estructurados en el ámbito nacional y sometidos a instrumentos muy rigurosos de control. En el Brasil, por ejemplo, las actividades de manipulación, acondicionamiento y disposición final de los residuos radiactivos están a cargo de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN).

Residuos de puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias y terminales de ómnibus

Esta categoría comprende los residuos generados tanto en las terminales, como dentro de los navíos, aviones, trenes y ómnibus. Los residuos de los puertos y aeropuertos son el resultado del consumo de los pasajeros a bordo de embarcaciones, vehículos y aeronaves, y su peligrosidad reside en el riesgo de transmisión de enfermedades ya erradicadas en el país, cuando los medios de transporte provienen de áreas endémicas. La transmisión puede también darse a través de cargas potencialmente contaminadas, tales como animales, carnes y plantas.

Residuos agrícolas

Esta categoría está formada básicamente por los restos de envases y embalajes impregnados de pesticidas y fertilizantes químicos utilizados en la agricultura, que son peligrosos. Por lo tanto, la manipulación de estos residuos obedece a las mismas rutinas y usa los mismos recipientes y procesos empleados en la manipulación de residuos industriales Clase I. En virtud de la falta de fiscalización y de penas más rigurosas para la manipulación inadecuada de este tipo de residuos, a menudo se mezclan con los residuos comunes y se los dispone en los vaciaderos municipales o, lo que es aún peor, se los lanza en los cuerpos de agua o se los quema en las propiedades rurales más apartadas, lo que genera gases tóxicos.

Residuos de establecimientos de salud

Este tipo abarca todos los residuos generados por instituciones destinadas a la preservación de la salud de la población. De modo que, de acuerdo con las normas brasileñas (NBR 12.808 de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas — ABNT) que hemos tomado como ejemplo a los fines didácticos, la clasificación de los residuos de establecimientos de salud es la presentada en la tabla 4.

Tabla 4

Clasificación de los residuos de establecimientos de salud		
Tipo	Nombre	Características
Clase A - Residuos infecciosos		
A.1	Biológicos	Cultivo, inóculo, mezcla de microorganismos y medio de cultivo inoculado provenientes de laboratorios clínicos o de investigación, vacuna vencida o inutilizada, filtro de gases aspirados de áreas contaminadas por agentes infecciosos y cualquier residuo contaminado por estos materiales.
A.2	Sangre y hemoderivados	Sangre y derivados de la sangre con plazo de caducidad vencido o con serología positiva, bolsa de sangre para análisis, suero, plasma y otros subproductos.
A.3	Quirúrgicos anatomopatológicos y exudados	Tejido, órgano, feto, parte anatómica, sangre y otros líquidos orgánicos que resultan de cirugías o autopsias, y residuos contaminados por estos materiales.
A.4	Punzantes y cortantes	Aguja, ampolla, pipeta, hoja de bisturí y vidrio.
A.5	Animales contaminados	Carcasa o parte de animal inoculado, expuesto a microorganismos patogénicos, o portador de enfermedad infectocontagiosa, así como residuos que hubieran estado en contacto con ellos.
A.6	Asistencia a pacientes	Secreciones y otros líquidos orgánicos procedentes de pacientes, así como los residuos contaminados por estos materiales e, incluso, restos de comida.



Tabla 4 (cont.)

Tipo	Nombre	Características
Clase B - Residuos especiales		
B.1	Desechos radiactivos	Material radiactivo o contaminado con radionucleidos, proveniente de laboratorios de análisis clínicos, servicios de medicina nuclear y radioterapia.
B.2	Residuos farmacéuticos	Medicamento vencido, contaminado, interdicto o no utilizado.
B.3	Residuos químicos peligrosos	Residuo tóxico, corrosivo, inflamable, explosivo, reactivo, genotóxico o mutagénico.
Clase C - Residuos comunes		
C	Residuos comunes	Son los residuos que no se encuadran ni en el tipo A ni en el B y que, por su semejanza con los residuos domiciliarios, no ofrecen ningún riesgo adicional a la salud pública.

5.3 Características de los residuos sólidos

Las características de los residuos sólidos pueden variar en función de factores sociales, económicos, culturales, geográficos y climáticos, es decir, los factores que diferencian a las comunidades entre sí y a las ciudades mismas.

La tabla 5 muestra la variación de la composición de los residuos de algunos países, y de ella se deduce que el porcentaje de materia orgánica tiende a disminuir en los países más desarrollados o industrializados, probablemente debido a la gran cantidad de alimentos semipreparados disponibles en el mercado.

Tabla 5

Composición gravimétrica de los residuos de algunos países (%)				
Componente	Brasil	Alemania	Países Bajos	EE.UU.
Materia orgánica	65,00	61,20	50,30	35,60
Vidrio	3,00	10,40	14,50	8,20
Metal	4,00	3,80	6,70	8,70
Plástico	3,00	5,80	6,00	6,50
Papel	25,00	18,80	22,50	41,00

El análisis de los residuos puede ser hecho de acuerdo a sus características físicas, químicas y biológicas.

5.3.1 Características físicas

Los residuos sólidos pueden clasificarse en función de las siguientes características físicas: generación *per capita*; composición gravimétrica; peso específico aparente; contenido de humedad y compresibilidad.

GENERACIÓN *PER CAPITA*

Relaciona la cantidad de residuos sólidos producida diariamente con la cantidad de habitantes de determinada región. Ante la falta de datos más precisos, la generación *per capita* puede ser estimada a través de la tabla 6. Sin embargo, lo ideal es hacer investigación en campo, sobre la base de datos estadísticos, a fin de determinar la generación diaria de residuos sólidos por habitante en función del perfil socioeconómico de la población.

Tabla 6

Rangos más usados de la generación de residuos sólidos <i>per capita</i>		
Tamaño de la ciudad	Población urbana (habitantes)	Generación <i>per capita</i> (kg/hab./día)
Pequeña	hasta 30.000	0,50
Mediana	de 30.000 a 500.000	de 0,50 a 0,80
Grande	de 500.000 a 5.000.000	de 0,80 a 1,00
Megalópolis	más de 5.000.000	más de 1,00

Al igual que la tabla 6, el gráfico de la figura 4, presenta la correlación entre la generación *per capita* de residuos y la población de las ciudades. Aunque sean representativos de los promedios verificados por diversos estudios, esos parámetros deben ser considerados con cierta reserva, puesto que los aspectos peculiares locales pueden producir distorsiones en determinados casos.

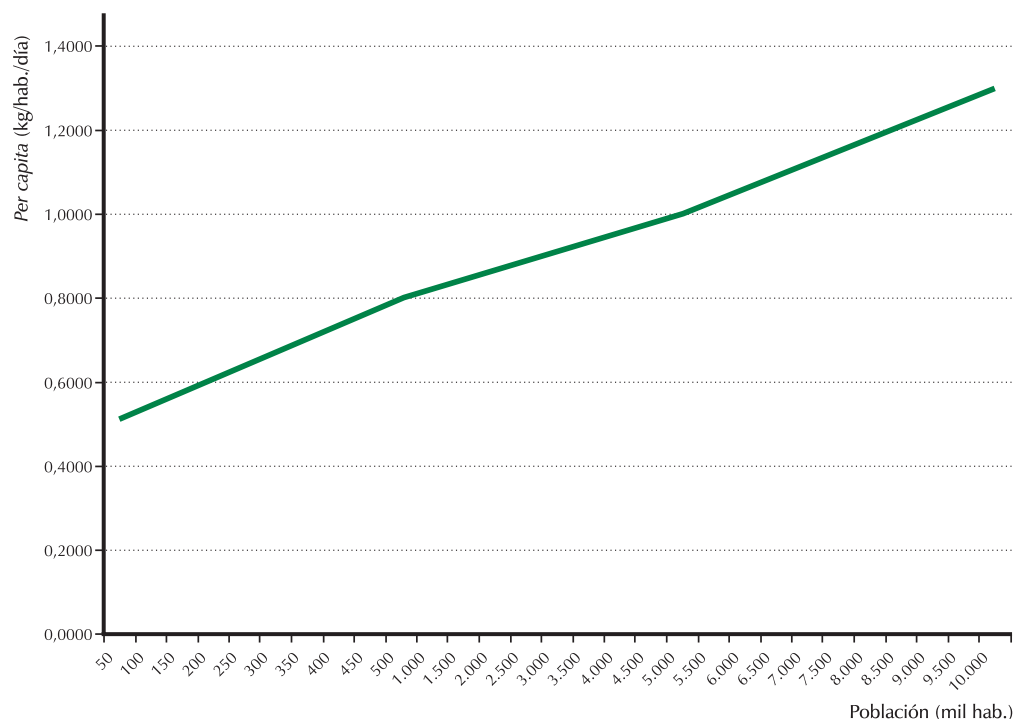


Figura 4 - Variación de la generación de residuos sólidos *per capita*, en función de la población



COMPOSICIÓN GRAVIMÉTRICA

La composición gravimétrica es el porcentaje de cada componente en relación con el peso total de la muestra de residuos analizada. Los componentes más utilizados en la determinación de la composición gravimétrica de los residuos sólidos municipales se encuentran en la tabla 7.

No obstante, muchos técnicos tienden a simplificar, considerando solo algunos componentes, tales como papel/cartón; plástico; vidrio; metal; materia orgánica y otros. Este tipo de composición simplificada, aunque pueda usarse en el dimensionamiento de una planta de compostaje y de otras unidades del sistema de limpieza urbana, no es el más indicado, por ejemplo, en un estudio económico preciso de reciclaje o de retirada selectiva, ya que el mercado de plásticos rígidos es muy diferente del mercado de plásticos maleables, así como los mercados de metales ferrosos y no ferrosos.

Tabla 7

Componentes más comunes de la composición gravimétrica		
Materia orgánica	Metales ferrosos	Caucho
Papel	Metales no ferrosos	Cuero
Cartón	Aluminio	Trapos
Plástico rígido	Vidrio claro	Huesos
Plástico maleable	Vidrio oscuro	Cerámicos
PET	Madera	Agregado fino

La decisión sobre los componentes de la composición gravimétrica se toma en función directa del tipo de estudio que se desee realizar y debe ser hecha cuidadosamente para que no se produzcan distorsiones.

PESO ESPECÍFICO APARENTE

El peso específico aparente es el peso de los residuos sueltos en función del volumen ocupado libremente, sin compactación de ningún tipo, expresado en kg/m^3 . Su determinación es fundamental para el dimensionamiento de los equipos e instalaciones necesarios. Ante la falta de datos más precisos, se pueden usar los valores de 230kg/m^3 para el peso específico de los residuos domiciliarios, de 180kg/m^3 para el peso específico de los residuos de establecimientos de salud y de 1300kg/m^3 para el peso específico de escombros de obra.

Todavía, es necesario evaluar con atención especial estos parámetros antes de asumirlos, ya que variaciones pueden ocurrir en función de cambios de hábitos y costumbres de las diferentes poblaciones de cada región o país de América Latina y el Caribe.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad representa la cantidad de agua que los residuos sólidos contienen, medida como porcentaje de su peso. Este parámetro varía en función de las estaciones del año y de las precipitaciones pluviométricas, y se puede estimar que el contenido de humedad varía aproximadamente del 40 al 60%.

COMPRESIBILIDAD

La compresibilidad es el grado de compactación, es decir, la reducción de volumen que una masa de residuos sólidos alcanza al ser compactada. Sometido a una presión de 4kg/cm^2 , el volumen de los residuos puede ser reducido de un tercio ($1/3$) a un cuarto ($1/4$) del volumen original.

Al extinguirse la presión que la compacta, la masa de residuos sólidos tiende a expandirse, pero no vuelve al volumen anterior. Al operar un relleno debe tener en cuenta este fenómeno, llamado expansión.

5.3.2 Características químicas

PODER CALÓRICO

Esta característica química indica la capacidad potencial que tiene un material de desprender determinada cantidad de calor al ser incinerado. El poder calórico promedio de los residuos sólidos domiciliarios es del orden de las 3.000kcal/kg .

POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

El potencial hidrógeno mide la acidez o alcalinidad de los residuos. Por lo general se sitúa en el rango de 5 a 7.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química determina el contenido de cenizas, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, fósforo, residuo mineral total, residuo mineral soluble y grasas.



RELACIÓN CARBONO/ NITRÓGENO (C/N)

La relación carbono/nitrógeno indica el grado de descomposición de la materia orgánica de los residuos sólidos en los procesos de tratamiento y disposición final. Por lo general, esa relación es del orden de 35/1 para los residuos domiciliarios *in natura*.

5.3.3 Características biológicas

Las características biológicas de los residuos sólidos, determinadas por la población microbiana y de agentes patógenos, conjuntamente con sus características químicas, orientan la selección de los métodos de tratamiento y disposición final más adecuados.

El conocimiento de las características biológicas de los residuos ha sido muy usado para desarrollar inhibidores de olor y retardadores/aceleradores de la descomposición de la materia orgánica, normalmente aplicados en el interior de los vehículos de recolección para evitar o minimizar problemas causados a la población a lo largo del recorrido de los vehículos.

Del mismo modo, se están desarrollando procesos de disposición final y de recuperación de áreas degradadas basados en las características biológicas de los residuos.

5.4 Influencia de las características de los residuos sólidos sobre la planificación del sistema de limpieza urbana

La tabla 8 ilustra la influencia que las características de los residuos sólidos ejercen sobre la planificación del sistema de limpieza urbana o sobre el diseño de determinadas unidades que forman parte del sistema.

Tabla 8

Influencia de las características de los residuos sobre la limpieza urbana	
Características	Importancia
Generación <i>per capita</i>	Dato fundamental para el proyecto de la cantidad de residuos a recolectar y a disponer. Importante para hacer el dimensionamiento de los vehículos y la maquinaria. Elemento básico para determinar la tarifa de recolección, así como para dimensionar correctamente todas las unidades que componen el sistema de limpieza urbana.

Tabla 8 (cont.)

Características	Importancia
Composición gravimétrica	Indica la posibilidad de comercializar las fracciones reciclables y aprovechar la materia orgánica para producir compost, así como para aplicar otros procesos a los residuos sólidos.
Peso específico aparente	Fundamental para dimensionar correctamente la flota de recolección, los contenedores móviles y estacionarios, y los demás equipos recolectores.
Contenido de humedad	Ejerce influencia directa sobre la velocidad de descomposición de la materia en el proceso de compostaje. Ejerce influencia directa sobre el poder calórico y el peso específico aparente de los residuos sólidos, de modo que influye de forma indirecta en el dimensionamiento de incineradores y plantas de compostaje. Ejerce influencia directa sobre el cálculo de la producción de percolados y el dimensionamiento del sistema de recogido de percolados.
Compresibilidad	Muy importante para dimensionar los vehículos recolectores, estaciones de transferencia con compactación de residuos y contenedores compactadores estacionarios.
Poder calórico	Ejerce influencia sobre el dimensionamiento de las instalaciones de todos los procesos de tratamiento térmico (incineración, pirólisis, etc.).
PH	Indica el grado de corrosividad de los residuos recolectados y se usa para establecer el tipo de protección contra la corrosión a ser aplicado a los vehículos, maquinaria, y contenedores y cajas metálicos. Importante indicador del proceso de descomposición de los residuos sólidos en las unidades de tratamiento y disposición final.
Composición química	Importante en la determinación del potencial de riesgo de los residuos sólidos para la salud humana y para el medio ambiente. Ayuda a seleccionar la forma más adecuada de tratamiento de los residuos recolectados.
Relación C/N	Fundamental para evaluar el desarrollo de procesos de compostaje y establecer la calidad del compost producido.
Características biológicas	Importantes para determinar el riesgo sanitario de determinado residuo sólido. Fundamentales para identificar inhibidores de olores y aceleradores y retardadores de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos.



5.5 Factores que influyen sobre las características de los residuos sólidos

Es evidente que durante la época de lluvias, aumenta el contenido de humedad de los residuos sólidos, y que durante el período de las fiestas de fin de año, al igual que durante el verano, aumenta el porcentaje de aluminio (latas de cerveza y de gaseosa). De modo que es necesario tener cuidado con los valores que indican las características de los residuos, principalmente en lo que respecta a las características físicas, pues sufren la influencia de factores estacionales que pueden conducir a conclusiones equivocadas.

Los feriados y período de vacaciones escolares influyen sobre la cantidad de residuos sólidos generados en las ciudades turísticas.

La tabla 9 presenta los principales factores que ejercen una fuerte influencia sobre las características de los residuos sólidos.

Tabla 9

Principales factores que influyen sobre las características de los residuos sólidos	
Factores	Influencia
Climáticos	
Lluvia	<ul style="list-style-type: none"> • aumento del contenido de humedad
Otoño	<ul style="list-style-type: none"> • aumento del contenido de hojas
Verano	<ul style="list-style-type: none"> • aumento del contenido de envases de bebidas (latas y botellas de vidrio y de plástico rígido)
Épocas especiales	
Navidad/ Año Nuevo	<ul style="list-style-type: none"> • aumento de embalajes (papel/cartón, plástico maleable y metal) • aumento de materia orgánica
Vacaciones escolares	<ul style="list-style-type: none"> • disminución de la población en áreas de ciudades no turísticas • aumento de la población en los lugares turísticos
Otras festividades	<ul style="list-style-type: none"> • aumento del contenido de envases de bebidas (latas y botellas de vidrio y de plástico rígido)
Demográficos	
Población urbana	<ul style="list-style-type: none"> • cuanto mayor es la población urbana, la tendencia es que la generación <i>per capita</i> de residuos sólidos aumente

Tabla 9 (cont.)

Factores	Influencia
<p>Socioeconómicos</p> <p>Poder adquisitivo</p> <p>Poder adquisitivo (mensual)</p> <p>Poder adquisitivo (semanal)</p> <p>Desarrollo tecnológico</p> <p>Promociones de establecimientos comerciales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • cuanto más alto es el poder adquisitivo de la población, la proporción de materiales reciclables es más alta y la de materia orgánica es más baja • mayor consumo de productos superfluos en fechas cercanas al pago del sueldo (fines y comienzos de mes) • mayor consumo de productos superfluos durante los fines de semana • introducción de materiales cada vez más livianos, lo que reduce el peso específico aparente de los residuos • aumento de embalajes

5.6 Proceso de determinación de las principales características físicas

El grupo más importante de características de los residuos sólidos es el de las características físicas, debido a que es imprescindible conocerlas para lograr la gestión operativa adecuada de los servicios de limpieza urbana.

Además, no todos los municipios están en condiciones de instalar laboratorios (o disponen de partidas para contratar laboratorios particulares) para determinar las características químicas o biológicas de los residuos sólidos. Por su parte, las características físicas pueden determinarse con facilidad a través de procesos practicables en campo que solo requieren: latones de 200 litros, una balanza con capacidad de hasta 150kg, un horno y las herramientas y utensilios usados en la limpieza urbana.

Los procedimientos prácticos que se presentan a continuación sirven para determinar el peso específico, la composición gravimétrica, el contenido de humedad y la generación *per capita* de residuos sólidos municipales.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- recolectar las muestras iniciales, con un volumen de 2 a 3m³, a partir de residuos sólidos no compactados (desechos sueltos); las muestras deben tomarse de diferentes sectores de recolección, para obtener resultados lo más reales posibles;



- depositar las muestras iniciales sobre una lona extendida en terreno plano y mezclarlas hasta obtener un único lote homogéneo, usando palas y azadas para rasgar las bolsas de plástico y las cajas de cartón, cajones y otros materiales usados para acondicionar los residuos;
- dividir el lote de residuos homogeneizado en cuatro partes y seleccionar dos de las cuatro partes resultantes (siempre cuartos opuestos y no adyacentes) y mezclarlas y homogeneizar el contenido (los residuos de las dos cuartas partes restantes deben ser encaminados para disposición final en el relleno);
- repetir el procedimiento anterior hasta que el volumen de cada una de las cuartas partes sea de poco más de 1m^3 ;
- separar una de las cuartas partes y llenar hasta el borde, de forma aleatoria, cinco latones de 200 litros previamente pesados;
- después de llenar los latones, picar con machetes el resto de la cuarta parte seleccionada, al abrigo de la intemperie (evitar la incidencia del sol, de lluvia, de viento y de temperaturas altas); llenar un recipiente de dos litros con el material picado y cerrar el recipiente lo más herméticamente posible.

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO APARENTE

- pesar cada uno de los latones llenos y determinar el peso neto de los residuos, descontando el peso del latón;
- sumar los pesos netos obtenidos;
- determinar el peso específico aparente (expresado en kg/m^3): sumar el peso neto de los cinco latones (en kg), y dividir el resultado por el volumen total de los 5 latones (el volumen total es 1m^3).

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRAVIMÉTRICA

- definir, de acuerdo con el objetivo que se quiere alcanzar, la lista de los componentes a determinar;
- desparramar el contenido de uno de los latones sobre una lona extendida en terreno plano;
- separar los residuos según los componentes definidos;
- clasificar como “otros” todo material encontrado que no se encuadre en la lista de componentes predefinida;
- pesar cada componente por separado;
- dividir el peso de cada componente por el peso total de la muestra y calcular la proporción porcentual en la composición gravimétrica.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

- pesar la muestra de dos litros;
- poner el contenido en un horno a 105°C durante 24 horas, o a 75°C durante 48 horas;
- pesar el material seco repetidamente hasta que alcance peso constante;
- restar el peso de la muestra húmeda del peso del material seco y determinar el contenido porcentual de humedad.

CÁLCULO DE LA GENERACIÓN *PER CAPITA*

La generación de residuos sólidos *per capita* puede ser determinada por investigaciones en campo en domicilios preseleccionados sobre bases estadísticamente adecuadas para que represente el perfil socioeconómico de la población, o a través de datos y procedimientos obtenidos en el lugar de la disposición final.

Aquí, presentamos una metodología simplificada de cálculo, a ser aplicada en las ciudades que no cuentan con balanza vial para pesar los residuos sólidos que llegan al lugar de disposición final. A continuación describimos esta metodología:

- medir el volumen de los residuos encaminados al relleno durante una semana de trabajo;
- convertir el volumen (m³) total de residuos que llegaron al relleno en peso total (en kg), usando el valor del peso específico determinado en un apartado precedente;
- estimar el porcentaje de la población atendida por el servicio de recolección;
- calcular la población atendida por el servicio de recolección, usando el porcentaje estimado de la cantidad de habitantes de la ciudad;
- calcular el índice de generación *per capita* dividiendo el peso total de los residuos (en kg) por la población atendida y dividir el resultado en 7 (siete), para obtener el índice diario.

Cabe aquí hacer algunas observaciones importantes:

- la toma de muestras y la medición de los residuos encaminados al relleno, nunca deben hacerse en domingo o lunes, días atípicos a los fines de la determinación de la generación de residuos, debido a las especificidades de la recolección;



- en ciudades turísticas nunca se debe hacer la toma de muestras en períodos de vacaciones escolares o en feriados, a menos que se desee determinar la influencia estacional sobre la generación de residuos de la ciudad;
- jamás medir contenido de humedad en día de lluvia;
- las mediciones deben hacerse, de preferencia, entre el 10 y el 20 del mes, para evitar distorsiones estacionales.

6

Proyección de la cantidad de residuos sólidos





Para evaluar correctamente la proyección de la generación de residuos es necesario tener datos demográficos sobre la población residente y la fluctuante, especialmente en las ciudades turísticas, en las que los turistas pueden a veces generar un volumen de residuos mayor que el que generan los habitantes estables.

La población fluctuante es un dato importante que se debe tener en cuenta al hacer la proyección de la cantidad de residuos generados en las ciudades turísticas, de modo que es necesario tener información sobre la cantidad y la estacionalidad.

Se debe hacer un análisis cuidadoso de los datos demográficos lo más actualizados posible, que permita hacer proyecciones poblacionales confiables para calcular la producción de residuos a lo largo del tiempo, de acuerdo con el ejemplo de la tabla 10.

El siguiente caso ejemplifica los procedimientos que deben seguirse.

Supóngase que se quiere proyectar un sistema de limpieza urbana para una ciudad que no se caracteriza como turística, con una población urbana actual de 50.000 habitantes, que crece a una tasa anual del 3%, en la que se midió la generación de residuos *per capita* de 530g/hab./día.

Si se adopta un horizonte de proyección de 20 años, los valores de población serán los de la tabla 10:

Tabla 10

Proyección demográfica			
Año	Población urbana (hab.)	Año	Población urbana (hab.)
Actual	50.000	11	69.211
1	51.500	12	71.287
2	53.045	13	73.426
3	54.636	14	75.629
4	56.275	15	77.898
5	57.963	16	80.235
6	59.702	17	82.642
7	61.493	18	85.121
8	63.338	19	87.675
9	65.238	20	90.305
10	67.195		

Se sabe que cuanto más alto es el nivel de desarrollo económico de una ciudad (por lo general asociado al tamaño de su población), mayor suele ser la generación *per capita* de residuos sólidos. Por consiguiente, consideraremos que, en este caso, se

puede estimar la evolución de la producción *per capita* de acuerdo con los valores de la tabla 11:

Tabla 11

Evolución de la generación de residuos <i>per capita</i>	
Período	<i>Per capita</i> (g/hab./día)
Año 1 al 7	530
Año 8 al 14	540
Año 15 al 21	550

De este modo, se calcula la proyección de la cantidad de residuos sólidos producida cada año, de acuerdo con la tabla 12:

Tabla 12

Proyección de la cantidad de residuos generados			
Año	Proyección demográfica (hab.)	<i>Per capita</i> (g/hab./día)	Cantidad de residuos (t)
Actual	50.000	0,53	26,5
1	51.500	0,53	27,3
2	53.045	0,53	28,1
3	54.636	0,53	29,0
4	56.275	0,53	29,8
5	57.963	0,53	30,7
6	59.702	0,53	31,6
7	61.493	0,54	33,2
8	63.338	0,54	34,2
9	65.238	0,54	35,2
10	67.195	0,54	36,3
11	69.211	0,54	37,4
12	71.287	0,54	38,5
13	73.426	0,54	39,7
14	75.629	0,55	41,6
15	77.898	0,55	42,8
16	80.235	0,55	44,1
17	82.642	0,55	45,5
18	85.121	0,55	46,8
19	87.675	0,55	48,2
20	90.305	0,55	49,7



Cuando se elabora un Plan de Gestión Integrada de Residuos Sólidos, es común adoptar como “horizonte de proyecto” el plazo de 5 años para la planificación de la recolección y de la limpieza de calles y otros locales públicos. Ese horizonte se debe a que los cambios en la urbanización de la ciudad, especialmente en ciudades medias y mayores de América Latina y el Caribe, generalmente son significativos en este intervalo de tiempo. Al final de los 5 años es necesario hacer la verificación y eventual actualización de estos planeamientos.

Para las proyecciones relacionadas al tratamiento y disposición final de los residuos sólidos el plazo más usual es de 15 años.

7

Acondicionamiento de residuos sólidos





7.1 Concepto

Acondicionar residuos sólidos significa prepararlos para la recolección de forma sanitariamente adecuada, y compatible con el tipo y la cantidad de los desechos.

7.2 La importancia del acondicionamiento adecuado

La calidad de la operación de recolección y transporte de residuos depende de la forma adecuada del acondicionamiento y almacenamiento de los desechos y de la colocación de los recipientes en el lugar, día y horario establecidos por el órgano de limpieza urbana responsable de la recolección. La participación de la población tiene, por lo tanto, una trascendencia decisiva en esta operación.

La importancia del acondicionamiento adecuado reside en:

- evitar accidentes;
- evitar la proliferación de vectores;
- minimizar el impacto visual y olfativo;
- reducir la heterogeneidad de los residuos (si hubiera recolección selectiva);
- facilitar la recolección.

En muchas ciudades se verifica el surgimiento espontáneo de puntos de acumulación de residuos residenciales a cielo abierto, desparramados en la vía pública, perjudicando el medio ambiente y poniendo en riesgo la salud pública.



Figura 5 - Acumulación de residuos a cielo abierto

Otro punto de importancia que debe ser puesto de relieve es que los residuos acondicionados de forma incorrecta atraen animales.

En las zonas urbanas de asentamientos precarios y de menor densidad demográfica hay, por lo general, más animales, tales como perros, caballos y chanchos, sueltos en la vía pública, que suelen rasgar las bolsas de basura y voltear los contenedores para acceder a los restos de alimentos, y desparraman los residuos por una amplia área. Además, los residuos residenciales atraen a los ratones, moscas, cucarachas y otros vectores de enfermedades, que se alimentan y proliferan en los desechos.

Para paliar la acción dañina de estos animales, es recomendable que:

- la municipalidad promueva regularmente operaciones de recogida de animales domiciliarios sueltos en la vía pública;
- en esas zonas, la recolección sea más frecuente y regular;
- se instruya a la población de esas zonas acerca de sacar los residuos a la vía pública en un horario lo más próximo al horario en que pasa el vehículo recolector;
- se provean contenedores más adecuados para acondicionar los residuos, con dispositivos especiales de anclaje para darles más estabilidad;
- el organismo público competente combata a los ratones.

En las ciudades de América Latina y el Caribe, la población usa los más diversos tipos de recipientes para acondicionar los residuos residenciales:

- recipientes metálicos (tarros) o plásticos (baldes);
- bolsas de plástico de supermercado o específicas para basura;
- cajones de madera y cajas de cartón;
- tambores usados de aceite y combustibles, a veces cortados por la mitad;
- contenedores metálicos o plásticos, estacionarios o sobre ruedas.

Hay, también, iniciativas creativas para acondicionar ese tipo de residuo. Un ejemplo es el de ciudades de la región norte y nordeste del Brasil, en las que se usan recipientes alternativos contruidos hábilmente con neumáticos viejos. Es un modo de aprovechar neumáticos desechados, pero el recipiente es pesado y poco práctico, aunque aceptable debido a las condiciones socioeconómicas de la mayor parte de la población.

7.3 Características de los recipientes para acondicionamiento

La elección del tipo de recipiente más adecuado debe hacerse en función de:

- las características de los residuos;
- la cantidad de residuos generados;
- la frecuencia de la recolección;
- el tipo de edificación;
- el precio del recipiente.

Los recipientes adecuados para acondicionar los residuos residenciales, por ejemplo, deben tener las siguientes características:

- peso total máximo de 30kg, incluida la carga, si la recolección fuera manual;

Los recipientes de mayor tamaño deben ser normalizados para que puedan ser manipulados por los dispositivos mecánicos disponibles en los mismos vehículos recolectores a fin de reducir el esfuerzo de la mano de obra.



- dispositivos que faciliten su desplazamiento dentro del inmueble y hasta el lugar dispuesto para la recolección;
- ser herméticos, para evitar que los residuos se derramen o queden expuestos;

Los embalajes flexibles (bolsas de plástico) deben permitir el cierre adecuado de sus bocas. Los embalajes rígidos y semirrígidos (cubos, latones, contenedores) deben tener tapas y estabilidad suficiente para que no se vuelquen fácilmente.

- ser seguros, para evitar que residuos cortantes o punzantes, aún embalados en separado, puedan provocar lesiones a los usuarios o a los recolectores;
- ser económicos, de forma tal que puedan ser adquiridos por la población en general;
- no producir ruido excesivo al ser manipulados;
- fáciles de vaciar para que no queden residuos en el fondo.

Desde el punto de vista de la planificación, se debe tener en cuenta otra característica aún: si los recipientes son retornables o no.

En este último caso, la recolección será más productiva y no quedarán recipientes en la vía pública después de la recolección de los residuos, tampoco habrá necesidad de que la población mantenga la limpieza.

Por lo expuesto, se puede concluir que las bolsas de plástico son los embalajes más adecuados para acondicionar los residuos residenciales para la recolección manual, porque:

- las bocas se cierran fácilmente atándolas;
- son livianas, sin retorno (de modo que la recolección es más productiva) y propician una recolección silenciosa, muy importante especialmente en la recolección nocturna;
- el precio es accesible y pueden ser normalizadas.

En las ciudades de América Latina y el Caribe, en las que el nivel de ingreso de la mayor parte de la población es bajo, se puede aceptar, incluso, el uso de las bolsas de plástico de supermercados (en los que se acondicionan los productos adquiridos para el transporte al hogar) para acondicionar los residuos residenciales, puesto que no implican ningún gasto extra.

Desde el punto de vista ambiental, normalmente se plantean algunas cuestiones respecto al uso de bolsas de plástico para el acondicionamiento de residuos residenciales, especialmente cuando se discute el proceso de incineración de los desechos. Sin embargo, la bolsa de polietileno no contamina la atmósfera si se la incinera de forma correcta. Otra cuestión se refiere al hecho de que la mayor parte

de las bolsas de plástico no es biodegradable, pero como los rellenos sanitarios son métodos de disposición de residuos prácticamente definitivos, no hay mayores objeciones a su uso.

Respecto a la seguridad en la manipulación de las bolsas de plástico que contienen residuos, se deben observar permanentemente los procedimientos adecuados para reducir el riesgo de lesiones para los recolectores: es fundamental que usen los guantes protectores adecuados. Por otra parte, las bolsas de plástico con capacidad para más de 100 litros no son seguras, puesto que los recolectores tienden a abrazarlas para acarrearlas hasta el camión. Los trozos de vidrio y otros objetos cortopunzantes contenidos en los residuos pueden lesionarlos.

Para viviendas multifamiliares (edificios de departamentos o de oficinas), son más convenientes los cubos contenedores de plástico normalizados, con ruedas y tapa, puesto que permiten la recolección semiautomática, que es más productiva y segura. Estos cubos son fáciles de manipular porque tienen ruedas y porque son livianos y son, además, relativamente silenciosos. Son económicos, debido a la durabilidad (especialmente si no se los expone permanentemente al sol), y tienen un aspecto agradable. En el mercado hay cubos contenedores 120, 240 y 360 litros de capacidad.



Figura 6 - Cubos contenedores normalizados

7.4 Acondicionamiento de los residuos domiciliarios

Entre los recipientes mencionados merecen ser destacados, en función de su adecuación al acondicionamiento de los residuos domiciliarios, los siguientes: bolsas plásticas, cubos contenedores de plástico y contenedores metálicos.



Bolsas plásticas

Los residuos pueden ser embalados en bolsas plásticas sin retorno a ser recogidas por los vehículos recolectores. Las bolsas plásticas a ser usadas deben reunir las siguientes características:

- deben ser resistentes para que no se rompan al ser manipuladas;
- deben tener capacidad volumétrica de 20, 30, 50 o 100 litros;
- deben tener una cinta para cerrar la boca;
- deben ser del color normalizado por el organismo competente.

Por lo general, estas características están reglamentadas por normas técnicas.

Cubos contenedores de plástico

Son recipientes fabricados de polietileno de alta densidad (PEAD), con capacidad de 120, 240 y 360 litros (cubos de dos ruedas), o de 760 y 1.100 litros (contenedores de cuatro ruedas), constituidos de tapa, cuerpo y ruedas. La materia prima de que están hechos contiene parte de material reciclado y aditivos para protegerlos de la acción de los rayos ultravioleta.

Se destinan a la recepción, acondicionamiento y transporte de residuos domiciliarios, aunque pueden ser también usados para ciertos residuos públicos (por ejemplo, cuando se los usa para recoger los residuos del barrido de las vías públicas).

Los residuos de tipo domiciliarios de grandes generadores, cuya recolección y transporte deben estar a cargo, de preferencia, de empresas particulares habilitadas por la municipalidad, pueden ser acondicionados en contenedores similares a los de la figura 7, que se distinguen solo por el color de los que se destinan a los residuos residenciales.



Figura 7 - Cubo contenedor de plástico

Contenedores metálicos

Estos recipientes, cuya capacidad varía de 750 a 1.500 litros, tienen por lo general cuatro rueditas, y pueden ser vaciados por dispositivos de volteo instalados en los camiones compactadores.

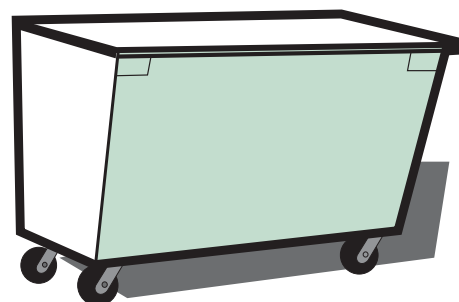


Figura 8 - Contenedor metálico



Figura 9 - Volteo de contenedores metálicos

7.5 Acondicionamiento de los residuos de la vía pública

Cestos de papeles

Existen diversos tipos de recipientes que pueden ser instalados en la vía pública para que los transeúntes depositen desechos, a fin de mantener las condiciones de higiene y limpieza de la ciudad.

Durante muchos años, este tipo de recipiente era metálico, tenía la forma y se pintaba del color determinados por las administraciones municipales. El alto costo de fabricación y de mantenimiento y reposición de los cestos metálicos constituían un obstáculo a su disseminación en la vía pública.

En la actualidad, están conquistando cada vez más terreno en el mercado los cestos de papeles de material plástico, que son más livianos y durables, son de fácil instalación y son más baratos.

Este tipo de cesto para papeles tiene capacidad volumétrica de 50 litros, y está compuesto por un cuerpo en que se depositan los residuos, una tapa y una bandeja de metal para apagar cigarrillos antes de arrojarlos al cesto. La materia prima de que están hechos contiene parte de material reciclado y aditivos para protegerlos de la acción de los rayos ultravioleta.

Este tipo de recipiente debe ser colocado en parques, plazas, jardines públicos, calles, avenidas y demás lugares públicos por los que transitan personas.

Es necesario hacer notar que estos cestos pueden ser usados para otros fines. Por ejemplo, la creciente concienciación ambiental está llevando a la sociedad a separar las pilas y baterías descargadas que, debido al uso cada vez más intenso de aparatos eléctricos y electrónicos portátiles, son cada vez más numerosas. En este contexto, el uso del cesto plástico para papeles, con capacidad volumétrica de 50 litros, de color normalizado y con un orificio especial en la parte frontal de la tapa, puede ser una buena opción para recoger pilas y baterías desechadas por la población.



Figura 10 - Cesto de papeles



Figura 11 - Cesto para pilas y baterías

Bolsas plásticas

Las bolsas plásticas, similares a las usadas para embalar los residuos residenciales, pueden usarse para acondicionar residuos públicos.

La diferencia es que las bolsas para residuos públicos, especialmente para los recogidos por el barrido, pueden ser de mayor tamaño.

Por otra parte, los residuos producidos por obras en construcción requieren el uso de bolsas plásticas de menor capacidad volumétrica de película más gruesa, debido al mayor peso específico del material a acondicionar.

Cubos contenedores / cajas estacionarias

Al igual que las bolsas plásticas, los cubos contenedores plásticos para residuos públicos son exactamente los mismos que los usados para acondicionar residuos domiciliarios. Solo varían los modelos de contenedores metálicos.

Los contenedores metálicos usados para acondicionar residuos públicos son recipientes estacionarios, generalmente con capacidad volumétrica de 5 o 7m³, que pueden ser vaciados por camiones compactadores (dependiendo de la naturaleza de los desechos) o por camiones portacontenedores equipados con grúas multifunción para levantar y descargar esas cajas.

Este tipo de contenedor es intercambiable. El vehículo que recoge un contenedor lleno trae uno vacío para reemplazarlo. El sistema también se conoce como *brooks* o *dempster*.



Figura 12 - Camión portacontenedor con grúa multifunción transportando caja estacionaria

7.6 Acondicionamiento de residuos en áreas de baja densidad demográfica y de bajos ingresos

En los hogares de asentamientos precarios y conjuntos residenciales de bajos ingresos, es usual que haya poco espacio para el almacenamiento de los residuos. Por consiguiente, a medida que se producen los residuos, se los retira de las viviendas y se los deposita en la vía pública, lo que trae aparejados los problemas ambientales y sanitarios ya mencionados.

En estos casos, se recomienda encauzar el problema de forma específica, con la instalación de cubos contenedores de plástico normalizados (con ruedas y tapas) en puntos previamente determinados y con recolección lo más frecuente posible.

Si fuera imposible instalar cubos contenedores de plástico, una alternativa es instalar cajas estacionarias tipo *brooks*. Sin embargo, la experiencia práctica demuestra que este tipo de contenedor tiene en realidad un resultado poco satisfactorio, puesto que los residuos se desparraman alrededor de él, los animales revuelven los residuos, hay incendios por actos de vandalismo y mal olor, entre otros problemas.

Esto es resultado de una serie de factores, entre los cuales se encuentra el diseño de los contenedores que, por lo general no tiene tapa y, cuando la tiene, la población las ignora. Por este motivo, en los casos en que se adopta este tipo de acondicionamiento, se debe tener cuidado especial para que los contenedores sean cambiados en intervalos adecuados y rigurosamente observados, para limpiar permanentemente el área, además de llevar a cabo campañas de concienciación de la comunidad y establecer una fiscalización eficiente.



Figura 13 - Contenedor tipo *brooks* en la entrada de una comunidad de bajos ingresos

En función de la cantidad de residuos generados por la comunidad y de las condiciones técnicas, operativas y económicas de la municipalidad, se pueden implementar soluciones más adecuadas de acondicionamiento de residuos sólidos domiciliarios en esas áreas especiales, en lugar del contenedor tipo *brooks*. Se trata de los “contenedores compactadores”, que son cajas metálicas estacionarias, cerradas y provistas de dispositivo de compactación de residuos, operadas por vehículos especiales.



Figura 14 - Sistema de contenedor compactador

Es recomendable establecer un sistema de trabajadores, para ayudar a mantener la limpieza e higiene en las comunidades pobres más problemáticas.

En algunas ciudades, en Río de Janeiro por ejemplo, se celebran contratos con las asociaciones de habitantes de las comunidades de bajo ingreso para que ellas se hagan cargo de la operación de recolección domiciliar y de la limpieza de las calles internas. Una de las condiciones de este tipo de contrato es que se emplee mano de obra local, de modo que se generen puestos de trabajo locales y se educa la comunidad, que pasa a ser responsable directa de la limpieza del asentamiento. El organismo encargado de la limpieza urbana paga por los servicios prestados, y da apoyo técnico y fiscaliza la calidad de la operación. Las asociaciones contratan sus propios empleados y administran el trabajo. El resultado satisfactorio de los programas de este tipo incentivó la ampliación a casi todos los asentamientos precarios de Río de Janeiro.

7.7 Acondicionamiento de los residuos de grandes generadores

Una vez que ordenanzas específicas establezcan que los inmuebles comerciales e industriales que generan más de 120 litros diarios de residuos sólidos sean considerados “grandes generadores”, es necesario normalizar los recipientes en que deben ser acondicionados esos residuos.

El límite de 120 litros se establece en función también del cubo contenedor de plástico con tapa y ruedas de menor tamaño disponible en el mercado.

También es conveniente que se determine que los contenedores usados por grandes generadores sean diferentes (color, tamaño) de los usados en la recolección normal, para facilitar la fiscalización (por ejemplo: contenedores azules para los grandes generadores y anaranjados para la recolección normal).

Para la recolección de los residuos de grandes generadores y de establecimientos públicos, se dispone por lo general de dos clases principales de contenedores de gran tamaño (capacidad de más de 360 litros):

- contenedores sobre ruedas, metálicos o de plástico (polietileno de alta densidad), que se llevan hasta los vehículos de recolección y se voltean mecánicamente (la capacidad usual es de 760, 1.150 o 1.500 litros);
- contenedores estacionarios sin ruedas, por lo general metálicos, intercambiables o que se vacían en los camiones recolectores. El vaciado de los contenedores en los camiones recolectores, con capacidad de hasta 5m³, se hace por medio de cables de acero accionados por dispositivos hidráulicos.

Los contenedores intercambiables pueden ser manejados por camiones portacontenedores dotados de grúas multifunción o del tipo *roll-on / roll-off*. Estos contenedores son metálicos y tienen capacidad de 3 a 30m³. Los contenedores de gran tamaño (de 20 a 30m³ de capacidad) son manejados por equipos *roll-on / roll-off* accionados por guinches con cable de acero o por cilindros hidráulicos, y pueden estar equipados con dispositivos eléctricos de compactación, informalmente llamados de “compacteineres”.



Figura 15 - Portacontenedor doble con contenedores intercambiables

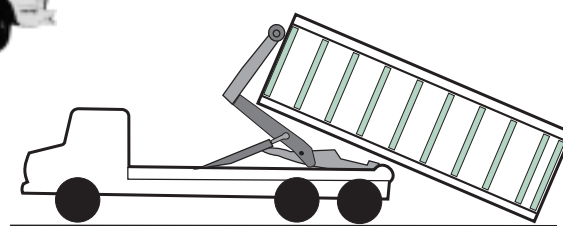


Figura 16 - Camión *roll-on / roll-off*

7.8 Acondicionamiento de residuos domiciliarios especiales

Residuos de obras de construcción

Por causa del alto peso específico aparente, los escombros producidos por obras en construcción se acondicionan, normalmente, en contenedores metálicos estacionarios de 4 o 5m³, similares a los que se usan para acondicionar residuos públicos.

El gran problema creado por los escombros está relacionado con el volumen necesario para acondicionarlos, puesto que los contenedores metálicos utilizados dificultan la circulación de los peatones y del tránsito automotor, y el estacionamiento de vehículos. Además, los escombros de obras en construcción también ocupan mucho espacio en los rellenos sanitarios, espacios que podrían ser usados para depositar otros tipos de residuos no reciclables.

Dentro del concepto de desarrollo sostenible establecido por la Agenda 21, reducir y reutilizar los residuos y subproductos son tareas fundamentales que la sociedad debe adoptar. Los mayores desafíos que plantean los escombros de obra son:



- reducción de la cantidad de escombros generados, a fin de evitar ocupar los limitados espacios disponibles para su disposición;
- beneficiar los escombros generados, reutilizándolos en el ciclo productivo, a fin de disminuir el consumo de energía y de recursos naturales.

Pilas y baterías

Las baterías que no estuvieran totalmente descargadas deben ser almacenadas de modo que sus electrodos no entren en contacto con los electrodos de otras baterías o con objetos de metal, como por ejemplo, la parte interna de un tambor de metal. Las pilas de níquel-cadmio que no estuvieran totalmente descargadas deberán ser previamente colocadas, individualmente, en bolsas de plástico.

Los contenedores de las baterías almacenadas deben ser sellados a fin de evitar la liberación del hidrógeno, que es explosivo en contacto con el aire, y deben mantenerse sobre plataformas o paletas para conservarlas secas. El almacenamiento en contenedores debe hacerse en lugar ventilado y protegido de la intemperie. Los variados usos, asociados a las pequeñas dimensiones de las pilas y a la falta de información de las personas sobre el peligro que implican, ha hecho que sea común que se las deseche en los rellenos sanitarios junto con los residuos domiciliarios, en donde contaminan el medio ambiente.

En consecuencia de sus características tóxicas y de la dificultad en impedir que sean desechadas conjuntamente con los residuos domiciliarios, se debe asignar la responsabilidad del acondicionamiento, recolección, transporte y disposición final de pilas y baterías a los comerciantes, fabricantes, importadores y a las redes de asistencia técnica.

Es evidente que cualquier medida legal que se establezca al respecto, deberá determinar un plazo para que esos actores implementen los mecanismos operativos de recolección, transporte y almacenamiento de pilas y baterías desechadas.

En lo que respecta específicamente a los fabricantes e importadores de pilas y baterías, la legislación debe, además, establecer un plazo para la implementación de sistemas de reaprovechamiento, reciclaje, tratamiento y disposición final.

Tubos fluorescentes

Los tubos fluorescentes también requieren una legislación específica que reglamente la forma de desecho, acondicionamiento, manejo, tratamiento y disposición final, y que aplique el principio de "quien contamina, paga".

Los procedimientos de manipulación de tubos fluorescentes que contienen mercurio deben respetar las siguientes exigencias:

- almacenar los tubos que se encuentren enteros en cajas, preferentemente de plástico, en un área reservada, para evitar que se rompan;
- etiquetar todas las cajas;
- no romper ni tratar de cambiar la forma física de los tubos;
- una vez acumulada una cantidad suficiente de tubos, encaminarlos al reciclaje, acompañados de la siguiente información:
 - nombre del proveedor (nombre y dirección de la empresa o institución), de la empresa transportadora y de la empresa recicladora;
 - cantidad de tubos enviados;
 - fecha de la carga;
 - se deben conservar los registros de estas facturas durante tres años como mínimo;
- si algún tubo se rompiera, se debe retirar los pedazos de vidrio y lavar el área;
- almacenar los tubos rotos en contenedores sellados y etiquetados de la siguiente forma: "Tubos Fluorescentes Rotos – Contienen Mercurio".

Neumáticos

Debido a los problemas relacionados con el destino inadecuado de los neumáticos y, siguiendo el ejemplo del sistema de desecho de pilas y baterías, las empresas fabricantes y las importadoras de neumáticos deben ser obligadas a recolectar y disponer de forma ambientalmente adecuada a los neumáticos desechados.

Uno de los principales problemas del almacenamiento de neumáticos para recolección o reciclaje es que acumulan agua si se los deja a la intemperie, lo que facilita la proliferación de vectores de enfermedades.

Es recomendable que el acondicionamiento de neumáticos respete las siguientes indicaciones:

- no se debe acumular neumáticos, sino disponerlos para recolección en el momento en que se los desecha;
- si fuera necesario guardarlos, se debe hacerlo en ambientes cubiertos y protegidos de la intemperie;
- nunca se debe quemarlos.

Neumáticos desechados han sido usados como combustible en hornos de producción de cemento y también para producir material asfáltico.



7.9 Acondicionamiento de residuos de fuentes especiales

Residuos sólidos industriales

Las formas más usuales de acondicionar los residuos sólidos industriales son:

- tambores metálicos de 200 litros para residuos sólidos no corrosivos;
- tambores de plástico de 200 o 300 litros para residuos sólidos corrosivos o semisólidos en general;
- contenedores flexibles, que son bolsas, usualmente de polipropileno trenzado, de gran capacidad de almacenamiento, casi siempre de más de 1m³;
- contenedores de plástico, normalizados, de 120, 240, 360, 750, 1.100 y 1.600 litros de capacidad, para residuos que permiten el uso de recipientes retornables;
- cajas de cartón de tamaño mediano, de hasta 50 litros, para residuos que serán incinerados.

Residuos radiactivos

La manipulación y acondicionamiento de los residuos radiactivos deben cumplir con las determinaciones del organismo nacional responsable del control y fiscalización de este tipo de residuo, que por lo general incluye los siguientes requisitos:

- el personal que manipula este tipo de residuo debe usar el equipo de protección individual mínimo exigido;
- los recipientes deben ser de material a prueba de radiación (plomo, hormigón, etc.).

Residuos de puertos y aeropuertos

Desde el punto de vista sanitario, en los puertos y aeropuertos no desembarcan solo personas y cargas, sino que también pueden desembarcar enfermedades. Es necesario establecer, por lo tanto, tareas permanentes de vigilancia sanitaria, y manejar con cuidados especiales de higiene los residuos de estas áreas.

En condiciones normales, la manipulación y acondicionamiento de los residuos obedecen a las mismas rutinas y usan los mismos recipientes que se emplean en el acondicionamiento de los residuos domiciliarios. Pero en casos de alerta de cuarentena, o de otras situaciones de riesgo identificadas por el organismo a cargo de la vigilancia sanitaria, se deben aplicar métodos especiales respecto a los residuos personales y con las cargas provenientes de países con epidemias.

Residuos de establecimientos de salud

La manipulación de residuos de los servicios de salud (ver tabla 4) debe estar reglamentada por ordenanzas específicas que establezcan normas de separación de los residuos en la fuente, acondicionamiento y manejo.

El principal procedimiento es la separación, en el lugar de origen, entre los residuos infecciosos y los residuos comunes, una vez que los residuos infecciosos equivalen entre un 10 y un 15% del total de los desechos pero representan altos riesgos de contaminación, mientras que los residuos comunes no necesitan ningún tratamiento especial.

La falta de cuidados al manipular residuos infecciosos es la principal causa de infecciones hospitalarias. Se pueden mencionar, a modo de ejemplo, los hospitales municipales de Río de Janeiro en los que, luego de la implantación de la separación cuidadosa de los residuos infecciosos, el índice de internaciones por infección hospitalaria disminuyó un 80%.

El acondicionamiento de los residuos comunes sigue las mismas orientaciones de los residuos domiciliarios.

Los **residuos infecciosos**, en general, deben ser acondicionados en el momento de su generación en bolsas plásticas, resistentes e impermeables y debidamente identificadas.

Los **residuos especiales** deben ser acondicionados en recipientes que garanticen su integridad física, pudiendo ser en recipientes plásticos, resistentes, rígidos y estanques, con tapa y con la identificación del tipo de residuo.

Los **residuos cortopunzantes** (agujas, vidrios, etc.) deben ser descartados separadamente en el local de su generación, en recipientes estanques, rígidos, con tapa y con la identificación del tipo de residuo.

Las bolsas de plástico deben cumplir con las especificaciones de colores establecidas. En Brasil, el criterio es el siguiente:

- **transparentes** - residuos comunes, reciclables
- **colores opacos** - residuos comunes, no reciclables
- **blanco lechoso** - residuos infecciosos o especiales (excepto los radiactivos)



Figura 17 - Bolsas de plástico para residuos de los servicios de salud



Más tarde, las bolsas de plástico deben ser colocadas en contenedores que permitan ser fácilmente transportados a abrigos temporarios. Estos contenedores deben ser de color blanco en el caso de residuos infecciosos y de cualquier otro color para residuos comunes.



Figura 18 - Contenedores de residuos infecciosos

Los abrigos temporales deben tener piso embaldosado, paredes revestidas con azulejos y esquinas redondeadas para facilitar el lavado de pisos y paredes.



Figura 19 - Abrigo temporal para contenedores de residuos infecciosos

El personal que manipula residuos infecciosos (excepto desechos radiactivos y químicos peligrosos, que no están a cargo del sistema de limpieza urbana) deben usar el siguiente equipo de protección individual (EPI):

- delantal de plástico;
- guantes de plástico;
- botas de PVC (lavado de paredes y pisos) o zapatos cerrados;
- antiparras;
- máscara.

8

Recolección y transporte de residuos sólidos





8.1 Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios

8.1.1 Concepto

La recolección es la recogida de los residuos acondicionados por el generador para encaminarlos, por el medio de transporte adecuado, a una estación de transferencia, a una unidad de tratamiento o al lugar de disposición final.

La recolección y el transporte de los residuos domiciliarios generados en viviendas, establecimientos públicos y locales comerciales y de provisión de servicios de pequeño tamaño están, por lo general, a cargo del organismo municipal responsable de la limpieza urbana. En la ejecución de estos servicios, la municipalidad puede usar recursos propios, de empresas concesionarias o bajo contrato de tercerización, o de sistemas mixtos, como el arrendamiento de vehículos y mano de obra municipal.

Es recomendable que los residuos sólidos de los grandes generadores (establecimientos que producen más de 120 litros de residuos por día) sean recolectados por empresas particulares, registradas y autorizadas por la municipalidad, sin costo para el sistema público.

En ciudades turísticas, los hoteles y restaurantes son ejemplos de grandes generadores de residuos sólidos.

Se puede definir la recolección de residuos domiciliarios común u ordinaria como la recogida de los residuos producidos en los inmuebles residenciales, públicos y comerciales, siempre que estos últimos no sean grandes generadores.

8.1.2 Regularidad de la recolección

La recolección de residuos domiciliarios debe tener lugar regularmente, en cada inmueble, siempre los mismos días de la semana y a la misma hora. De esta forma los ciudadanos se habituarán a sacar los recipientes o embalajes de residuos a la acera, frente a los inmuebles, poco antes de que el vehículo recolector pase.

Como resultado, los residuos domiciliarios no quedan expuestos en la vía pública sino el tiempo necesario para ejecutar la recolección, de modo que se evita afear la vía pública y que los animales o personas desparramen los residuos.

El tiempo que los residuos permanecen en la vía pública merece especial atención en las ciudades turísticas, en función de la importancia del aspecto estético, la emisión de olores desagradables y la atracción de vectores y otros animales.

La regularidad de la recolección es, por consiguiente, una de las principales cualidades del servicio.

En las ciudades que cuentan con dispositivos para controlar el peso de los residuos recolectados, se puede verificar matemáticamente si la recolección es efectivamente regular comparando el peso de los residuos de dos o más semanas consecutivas. El peso de los residuos recolectados el mismo día de la semana (el peso de los residuos de un lunes comparado con el peso de lo recolectado el lunes siguiente, por ejemplo) no debe variar más de un 10%. Del mismo modo, el kilometraje recorrido por los vehículos recolectores debe ser similar en el mismo día de diferentes semanas, puesto que el itinerario de cada día de la semana es siempre el mismo (para una misma cantidad de viajes al destino).

Las irregularidades en la recolección son también señaladas claramente por la acumulación de residuos domiciliarios en la vía pública y por la cantidad de reclamos recibidos. En un sistema de recolección de residuos sólidos domiciliarios, lo ideal es, por lo tanto, establecer horarios fijos e informarlos ampliamente a la población, a través de comunicados individuales dirigidos a los responsables de cada inmueble e, incluso, mediante placas indicativas en las calles. La población debe adquirir confianza en que la recolección no va a fallar para colaborar no arrojando residuos en lugares impropios y acondicionándolos en embalajes apropiados, ubicados en el lugar apropiado el día y a la hora señalada, lo que redundará en beneficio de la higiene ambiental, la salud pública y la limpieza y buena apariencia de la vía pública.

8.1.3 Frecuencia de la recolección

Por razones climáticas, en la gran mayoría de las ciudades de América Latina y el Caribe, el lapso de tiempo entre la generación de los residuos domiciliarios y su disposición final no puede ser de más de cuatro días para evitar el aumento de mal olor y la proliferación de moscas, roedores y otros animales atraídos por los desechos.

La situación es más delicada en las ciudades que tienen estaciones de transferencia (ver capítulo 9), puesto que el acopio de residuos demora uno o dos días en ser transportado al relleno, en donde finalmente es cubierto con tierra al final del día. Si la frecuencia de la recolección de los residuos domiciliarios fuera de tres veces a la semana, los residuos producidos, por ejemplo, el sábado, solo serán recolectados el martes siguiente (tres días más tarde). Si demoraran otros dos días para ser transferidos y un día más para ser enterrados en el relleno, el total de días transcurridos entre la generación y la disposición final puede llegar a ser de seis días. Por lo tanto, la frecuencia mínima de recolección recomendable en países de clima cálido es de tres veces por semana.

Se debe evitar, por consiguiente, realizar la recolección solo dos veces a la semana, frecuencia muy usual en áreas de suburbio de las ciudades de América Latina y el Caribe. Uno de los principales desafíos que la administración municipal debe enfrentar para lograrlo son las restricciones presupuestarias.

Se debe considerar asimismo la capacidad de acopio de los residuos sólidos en los hogares. En los asentamientos precarios y en otras comunidades de bajos ingresos,



las viviendas no tienen capacidad (por la limitada área de que disponen) para almacenar desechos durante más de un día. El mismo problema enfrenta el centro de las ciudades, en donde los establecimientos comerciales y de provisión de servicios, además de carecer de un lugar apropiado para almacenarlos, producen residuos en cantidad considerable. En todos estos casos, es conveniente que la recolección de residuos sea diaria.

8.1.4 Horario de la recolección

Para reducir de forma significativa los costos y optimizar el uso de la flota de vehículos recolectores, la recolección, siempre que sea posible, debe ser ejecutada en dos turnos.

La distribución ideal de la flota de recolección para obtener el máximo rendimiento sería:

Días de recolección	Primer turno	Segundo turno
Lunes, miércoles y viernes	¼ de las rutas	¼ de las rutas
Martes, jueves y sábado	¼ de las rutas	¼ de las rutas

Si, por ejemplo, se trazasen 24 rutas de recolección, con una frecuencia de tres veces a la semana, se debe usar una flota de $24/4 = 6$ vehículos recolectores (además de mantener una reserva de por lo menos el 10% de la flota necesaria, en este caso, 1 vehículo recolector más).

Es recomendable que se definan períodos de 12 horas (dividiendo el día por la mitad, pero trabajando efectivamente unas 8 horas por turno). El primer turno, por ejemplo, se iniciaría a las 7.00 horas y el segundo, a las 19.00 horas, de tal modo que habría un intervalo para hacer servicios de mantenimiento y reparación entre los dos turnos.

Un problema que merece ser destacado es la imposibilidad de muchas ciudades de América Latina y el Caribe de establecer la distribución ideal de la recolección de residuos de la ciudad en dos turnos. Esto está relacionado con el tipo de urbanización de diversos barrios (calles de acceso precarias y falta de iluminación pública, por ejemplo), que pueden imposibilitar la implementación de un turno nocturno de recolección. También, se deben considerar aspectos relacionados con la violencia urbana.

Además, en las calles y áreas públicas en que el servicio de barrido es poco frecuente, es sumamente importante la limpieza de la recolección, es decir, que es necesario recoger los desechos dispuestos por la población para la recolección sin dejar residuos desparramados en la vía pública.

Siempre que sea posible, el barrido debe hacerse después de la recolección, para recoger los residuos que pudieran haberse desparramado durante la operación.

En las zonas céntricas, comerciales, la recolección debe hacerse en horario nocturno, cuando disminuye la circulación de personas y vehículos. Por otra parte, en las ciudades turísticas, se debe evitar ejecutar el servicio de recolección durante el período de más afluencia a los lugares turísticos.

Al definir el horario para la recolección, se debe tener en cuenta, también, el estacionamiento de vehículos particulares a lo largo de la vía pública.

En los barrios estrictamente residenciales, la recolección debe realizarse de preferencia durante el día, pero se debe evitar las horas de más circulación de vehículos por sus calles principales.

Durante la recolección hecha en horas de la noche deben tomarse todos los recaudos necesarios respecto al control de los ruidos. Las cuadrillas deben ser instruidas acerca de no levantar la voz. El mando de arrancar/parar a cargo del líder de la cuadrilla, debe ser dado a través de un interruptor luminoso, accionado desde la parte trasera del vehículo. La regulación del motor y el silenciador del vehículo recolector deben estar siempre en perfectas condiciones. En el caso del recolector compactador, el régimen del motor no debe ser llevado a altas revoluciones para acelerar el ciclo de compactación, sino que debe contar con un dispositivo automático de aceleración, en funcionamiento permanente. En el futuro será necesario contar con vehículos más modernos y silenciosos, tal vez eléctricos, para responder a las cada vez más numerosas exigencias de la población, especialmente en los grandes centros urbanos.

8.1.5 Redimensionamiento de las rutas de recolección domiciliaria

Algunos de los factores que indican la necesidad de redimensionar las rutas de recolección son: aumento o disminución de la población, cambio de las características de los barrios y recogida irregular de los residuos. Para esto, se debe tener en cuenta varios elementos, tales como:

Cuadrillas de recolección

En las ciudades de América Latina y el Caribe, las cuadrillas tienen de dos a cinco integrantes por camión. Se observa que la tendencia es que las cuadrillas de las municipalidades estén formadas por más trabajadores que las cuadrillas de las empresas proveedoras de los servicios, en función de la mayor productividad de la mano de obra privada.

Cuadrilla es el conjunto de trabajadores asignados a un vehículo recolector, que ejercen las actividades de recolección de residuos sólidos.



Equilibrio de las rutas

Cada cuadrilla de recolección debe tener asignadas tareas que representen la misma cantidad de trabajo, de modo que el esfuerzo físico de todas ellas sea equivalente.



En zonas con gran concentración de residuos, los recolectores cargan mucho peso y caminan pequeñas distancias.

Por el contrario, en zonas con poca concentración de residuos, cargan poco peso y caminan grandes distancias. En estos dos casos, la cantidad de calorías consumidas será aproximadamente igual. El concepto físico involucrado, como se puede concluir, es el de “trabajo”:

$$\text{trabajo} = \text{fuerza} \times \text{distancia}$$

El método de redimensionamiento aquí descrito es uno de los más sencillos y consiste en la división del área a ser redimensionada en “subáreas” de densidad demográfica y concentración de residuos (medidas en kg/m) semejantes. En estas subáreas se puede establecer un mismo tiempo de trabajo. Es evidente que se debe tener en cuenta que las personas tienen diferente constitución física, de modo que las cuadrillas deben ser equilibradas también en este aspecto particular.

Punto de inicio de la recolección

Las rutas deben ser diseñadas de forma tal que las cuadrillas empiecen su recorrido en el punto más alejado del lugar de destino de los residuos y que, a medida que desempeñan el trabajo, vayan reduciendo la distancia y el tiempo del recorrido. La ubicación del garaje de la flota de recolección también debe tenerse en cuenta en la planificación.

Verificación de la cantidad de residuos domiciliarios generados

Es importante verificar la generación de residuos sólidos en los hogares, establecimientos públicos y en locales comerciales, puesto que estos datos son útiles al dimensionar las rutas necesarias de recolección regular de residuos.

Si bien sea posible usar el índice promedio de generación *per capita* de residuos domiciliarios, calculado por el método simplificado explicado en el capítulo 5, lo ideal sería hacer una evaluación más técnica y precisa de este parámetro, dada la gran variación que puede observarse entre las diferentes zonas de una ciudad. Esta variación podría distorsionar el dimensionamiento de las rutas de recolección y exigir ajustes considerables durante la implementación del nuevo programa de recolección.

El levantamiento debe hacerse teniendo en cuenta condicionantes estadísticos, en barrios de estratos económicos altos, medios y bajos. Usando la proyección de los datos del último censo disponible, se puede calcular la cantidad promedio de residuos generada por persona por día.

Como ya se ha mencionado, este índice debe ser determinado con cierto rigor técnico, ya que puede variar de 0,35 a más que 1,00kg por persona por día en las diferentes áreas de la ciudad, en función del estrato socioeconómico de sus habitantes. En la mayor parte de las ciudades de América Latina y el Caribe, que son pequeñas y medianas, la generación promedio puede ser estimada en el rango de 0,50 a 0,80kg/hab./día (conforme capítulo 5, tabla 6 — Rangos más usados de la generación de residuos sólidos *per capita*).

Si la producción de residuos por persona por día fuera, por ejemplo, de 0,70kg y la población fuera de 200.000 habitantes, el peso de los residuos a ser recogidos por día será de:

$$200.000 \text{ hab.} \times 0,70\text{kg/hab./día} = 140.000\text{kg/día}$$

Este dato es fundamental para calcular la cantidad de vehículos de la flota de recolección de residuos domiciliarios.

El cálculo de generación *per capita* de residuos, puede hacerse por oportunidad de los estudios para determinar las características de los residuos sólidos.

En la práctica, el redimensionamiento de rutas de recolección podrá ser más complejo e implicar otras variables que el proyectista debe tener en cuenta.

Una vez listo el redimensionamiento, se pueden implementar las nuevas rutas y, unas dos semanas más tarde, se ajustarán los detalles que se muestren inadecuados.

Carencia de balanza para pesar los residuos

Si en el lugar de destino no hubiera balanza será necesario buscar alternativas para pesar la carga de residuos de los vehículos recolectores en la balanza de empresas u organismos públicos.

Si fuera imposible, se puede usar un método aproximado simplificado para redimensionar rutas de recolección, basado en el volumen de los residuos recolectados, llamado cubicación.

Para calcular la cantidad de residuos por cubicación, se debe usar un recipiente patrón de capacidad conocida, por ejemplo, de 100 litros, en el que se colocan todos los residuos recogidos.

El recipiente se vacía en la caja de carga del camión colector y se cuentan cuántas veces es necesario llenarlo para recoger todos los residuos de una cuadra.

Este método consiste en:

- hacer la cubicación por cuadra los días de la semana de más producción de residuos, por lo general, lunes y martes;
- anotar en un mapa la cubicación de cada cuadra, tal como se observa en ejemplo en la figura 20;
- sumar progresivamente la cantidad de recipientes por cuadra, siguiendo el orden de la ruta trazada, hasta que la cantidad de recipientes, sea igual a la capacidad de carga del camión en cada uno de los viajes de cada turno, medida en recipientes. De este modo se puede determinar la cantidad de recipientes por viaje y la cantidad de viajes por turno, por vehículo;
- en las cuestas pronunciadas, la recolección debe hacerse de arriba hacia abajo, a fin de ahorrar energía de la cuadrilla y combustible del camión;
- probar en la práctica las nuevas rutas, midiendo los tiempos, para hacer los ajustes necesarios.

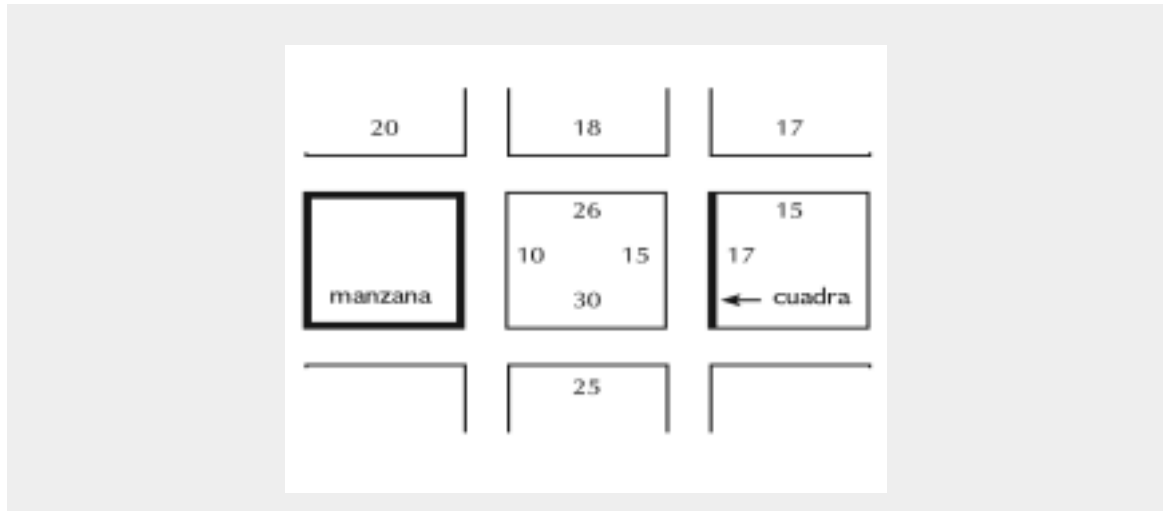


Figura 20 - Ejemplificación

Cuadra es cada uno de los lados de una manzana de la ciudad.



Trazado de las rutas de recolección

Las rutas de recolección deben ser trazadas de modo que se minimicen los recorridos improductivos, es decir, aquellos a lo largo de los cuales no hay recolección de residuos.

Las rutas deben ser trazadas buscando, a través de aproximaciones sucesivas, la mejor solución que responda, simultáneamente, a condiciones tales como el sentido de la circulación de las calles, evitando giros a la izquierda en calles de doble mano, y recorridos duplicados e improductivos. Las rutas de recolección suelen trazarse por el método "heurístico", teniendo en cuenta el sentido de la circulación, las cuestas pronunciadas y la posibilidad de acceso y maniobra de los vehículos.

En la figura 21 se observa, a modo de ejemplo, el recorrido racional de una ruta de recolección (método heurístico).

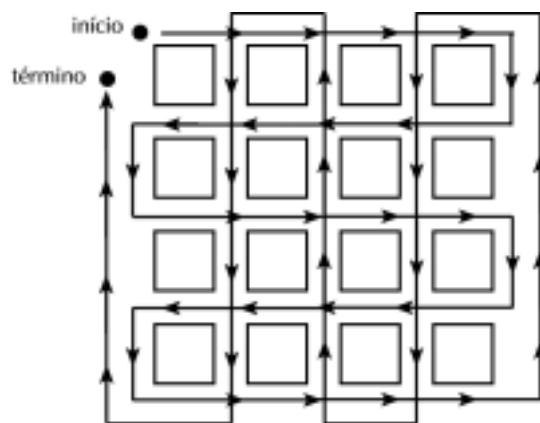


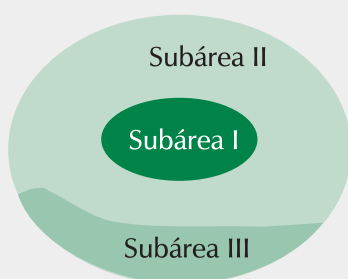
Figura 21 - Método heurístico de trazado de recorridos de recolección

Método de redimensionamiento de rutas de recolección

Este método consiste en:

- dividir la ciudad en subáreas;
- levantar y sistematizar las características de cada ruta;
- analizar los datos recopilados;
- redimensionar las rutas, bajo las siguientes premisas:
 - eliminación (o minimización) de horas extras;
 - definición de nuevos pesos (cantidad de residuos) de recolección por jornada;
 - concentración de residuos en cada área.

Se divide el área de la ciudad cuyas rutas de recolección deben ser redimensionadas, en subáreas de densidad demográfica similar, por ejemplo, las subáreas I, II y III. Suponiendo que en la subárea II haya actualmente ocho rutas de recolección, recorridas en dos turnos, tres veces a la semana, por dos vehículos compactadores. El levantamiento de datos del programa en vigor se observa en la tabla 13.



I - Subárea comercial

II - Subárea predominantemente residencial

III - Subárea de colinas

Figura 22

Tabla 13

Rutas actuales - días lunes y martes							
Rutas	Longitud de la ruta m (1)	Peso de los residuos Kg (2)	Tiempo promedio de trabajo h* (3)	Trabajadores por cuadrilla (4)	Índices		
					Kg/h (2)/(3)	Kg/m** (2)/(1)	Kg/Trabajador (2)/(4)
01	14.250	16.400	8,20	4	2.000	1,15	4.100
02	13.180	14.200	7,72	4	1.839	1,08	3.550
03	14.600	17.300	8,75	4	1.977	1,18	4.325
04	16.410	19.500	8,99	4	2.169	1,19	4.875
05	15.120	18.100	9,78	4	1.851	1,20	4.525
06	18.040	17.400	8,65	4	2.012	0,96	4.350
07	13.870	15.600	9,36	4	1.667	1,12	3.900
08	15.660	18.300	10,01	4	1.828	1,17	4.575
Promedios	15.141	17.100	8,93	4	1.915	1,13	4.275
Totales	-	153.900	-	-	-	-	-

* horas calculadas en decimales

** kg/m = concentración de los residuos



Teniendo en cuenta que la jornada normal de trabajo es de 8 horas por día, se puede verificar que el tiempo necesario para recorrer las rutas, es demasiado y requiere horas extra. La recolección se hace, en este caso, (por suposición) regularmente.

Suponiendo que se desee terminar la recolección en ocho horas de trabajo para evitar las horas extra, se puede calcular el peso a ser recolectado por jornada laboral, manteniendo sin cambios la productividad de los recolectores.

$$P = \text{kg/h} \times T_c$$

Donde T_c es el tiempo de duración de la jornada laboral (=8 horas, en este caso). Por consiguiente:

$P01 = 2.000 \times 8 = 16.000\text{kg}$	$P05 = 1.851 \times 8 = 14.808\text{kg}$
$P02 = 1.839 \times 8 = 14.712\text{kg}$	$P06 = 2.012 \times 8 = 16.096\text{kg}$
$P03 = 1.977 \times 8 = 15.816\text{kg}$	$P07 = 1.667 \times 8 = 13.336\text{kg}$
$P04 = 2.169 \times 8 = 17.352\text{kg}$	$P08 = 1.828 \times 8 = 14.624\text{kg}$

Peso total 112.744kg

Peso promedio 15.343kg

Como el peso de los residuos recolectados en una jornada de ocho horas de trabajo es de 15.343kg, quedarán sin ser recolectados:

$$153.900\text{kg} - 112.744\text{kg} = 31.156\text{kg}$$

Dado que el peso promedio de las nuevas rutas es de aproximadamente 15.343kg/ruta, será necesario implementar:

$$31.156\text{kg}/15.343\text{kg} = 2,03$$

2,03 nuevas rutas, es decir, aproximadamente, dos rutas más, una los lunes, miércoles y viernes y la otra los martes, jueves y sábados.

Como los recorridos futuros serán hechos en 10 rutas, el promedio de peso por ruta será:

$$153.900\text{kg}/10 \text{ rutas} = 15.390\text{kg/ruta futura}$$

Las rutas futuras se trazarán en el mapa teniendo en cuenta la concentración de residuos en cada área (expresada en kg/m).

Para lograrlo, se multiplica, para cada recorrido futuro, la longitud de las calles por la concentración de residuos, hasta obtener un peso aproximado de 15.390kg/ruta, aplicando la fórmula:

$$L \times C \cong P$$

Donde:

L = longitud de las calles de la ruta (m)

C = concentración de residuos (kg/m)

P = peso promedio de las rutas futuras (kg)

En el caso del ejemplo, el peso promedio (aproximado) de las rutas futuras será de 15.390kg.

La cantidad de vehículos será: cantidad de rutas / 4 = 2,5

De modo que se pueden usar tres vehículos en el primer turno y dos en el segundo. El tipo y la capacidad de los vehículos dependen de la cantidad de viajes necesarios hasta el lugar de disposición final. Si, por ejemplo, fuera necesario hacer dos viajes los lunes y martes, la carga promedio por viaje será de $15.390\text{kg}/2 = 7.695\text{kg}$.

Cuando llueve, el peso de los residuos aumenta un 20%. También se debe tener en cuenta la fluctuación turística, debido a la cual aumenta o disminuye la producción de residuos.

8.1.6 Vehículos de recolección

Los vehículos especiales más usuales para la recolección y transporte de los residuos domiciliarios son de dos tipos:

- compactadores – de carga trasera o lateral;
- sin compactación – con caja cerrada mediante puertas corredizas.

También se usan con frecuencia, especialmente en ciudades de menor tamaño y con recursos presupuestarios limitados, los camiones volquete de caja abierta convencionales, además de otros equipos alternativos, que se describen más adelante.

Un buen vehículo recolector de residuos domiciliarios debe tener las siguientes características:

- no derrama residuos ni lixiviado en la vía pública;
- tasa de compactación de por lo menos 3:1, es decir, 3m^3 de residuos se reducen, por compactación, a 1m^3 ;
- altura de carga a la altura de la cintura de los recolectores, es decir, una altura de hasta 1,20m con relación al suelo;
- posibilita el vaciado de por lo menos dos recipientes simultáneamente;
- carga trasera, de preferencia;
- espacio adecuado para el transporte de la cuadrilla;
- descarga rápida de los residuos en el lugar de destino;
- capacidad del compartimiento de carga (cola) de por lo menos $1,5\text{m}^3$;
- buena maniobrabilidad y potencia para subir cuestas;
- dispositivos de elevación para vaciar diversos tipos de contenedores;
- distribución adecuada de la carga sobre el chasis del camión;
- capacidad adecuada para minimizar la cantidad de viajes al destino, en función de las condiciones de cada área.



Figura 23 - Volteo de contenedores en equipo compactador

La recolección de residuos sólidos es una operación que entraña peligros para el personal recolector. Cuando el vehículo se detiene, la cuadrilla queda expuesta a lesiones producidas por el choque de otros vehículos contra la parte trasera del camión recolector.

El riesgo de atropellamiento es alto y exige que se tomen medidas preventivas eficaces y permanentes.

En los vehículos compactadores es esencial tomar precauciones especiales con el mecanismo de compactación. Otro aspecto importante a tener en cuenta es el transporte adecuado de la cuadrilla sobre el camión.

Por consiguiente, la solución técnica más recomendable es usar, siempre que sea posible, vehículos recolectores compactadores. Sin embargo, por las características peculiares de muchas áreas urbanas, no es factible usar este tipo de vehículo por razones operativas y económicas.

En estos casos se debe seleccionar el tipo de vehículo y equipos de recolección que presenten la mejor relación entre costo y beneficio. La mejor relación se consigue usando el vehículo que cumpla con la mayor parte de las características de la lista anterior, teniendo en cuenta las condiciones específicas del área en que se ejecutará el servicio (estado de las calzadas, topografía, condiciones de maniobra, etc.).

A continuación, se describen algunos de los vehículos y equipos más usuales en la recolección de residuos domiciliarios.

Recolectores de caja cerrada

Es un vehículo recolector de residuos sólidos sin compactación, indicado para trabajar en comunidades pequeñas, de baja densidad demográfica. También se lo usa en áreas con cuestas pronunciadas. El volumen de la caja puede variar de 4 a 12m³. La caja está montada sobre el chasis de un camión con capacidad, respectivamente, de 7 o 12t de peso bruto total (PBT).

Peso bruto total (PBT) = peso del chasis + peso de la caja + peso de la carga.



La descarga es por volteo hidráulico de la caja. Es un equipo de bajo costo de adquisición y mantenimiento, pero de productividad bastante baja. Exige gran esfuerzo físico de la cuadrilla de recolectores, que deben levantar los residuos hasta el borde de la caja que se encuentra a más de dos metros de altura, mucho más alta que el borde de la boca de carga de un recolector compactador, que es de aproximadamente un metro.

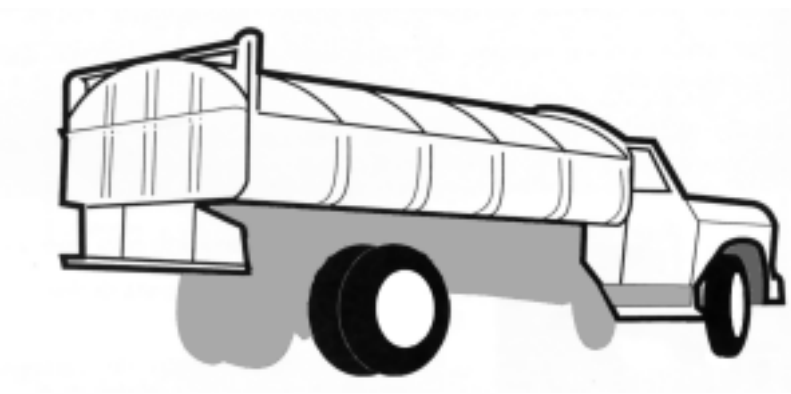


Figura 24 - Camión de caja cerrada

Recolectores compactadores

Los recolectores compactadores de residuos sólidos, de carga trasera (más usuales) o lateral, son de acero y tienen una capacidad volumétrica útil de 6, 10, 12, 15 o 19m³. Están montados sobre chasis de camión de PBT compatible (9, 12, 14, 16 y 23t respectivamente), y pueden contar con dispositivos hidráulicos para la descarga automática e independiente de contenedores normalizados.

Este tipo de vehículo se destina a la recolección de residuos domiciliarios, públicos y comerciales, en especial para trabajar en zonas de gran concentración de residuos sólidos de grandes generadores o de alta densidad demográfica. Las limitaciones de uso están impuestas por las condiciones desfavorables de las calzadas: irregulares, accidentadas o no pavimentadas, o sin suficiente capacidad para soportar tránsito pesado.



Figura 25 - Recolector compactador de carga lateral - 6m³



Figura 26 - Recolector compactador de carga trasera - de 10 a 15m³



Figura 27 - Recolector compactador de carga trasera - 19m³

Camiones portacontenedores para cajas estacionarias de 5m³

El sistema de recolección de residuos domiciliarios constituido por cajas estacionarias de 5m³ operadas por vehículos portacontenedores con grúas multifunción es indicado para zonas de viviendas subnormales o de difícil acceso. En estos casos, se ubican las cajas estacionarias en puntos estratégicos vecinos a las comunidades y de fácil

acceso para el camión portacontenedores, que cambia la caja ya cargada por una vacía.

Existen dos tipos de esta clase de camiones portacontenedores, en función de su capacidad operativa:

- el que transporta una sola caja estacionaria de 5m³ en cada viaje; y
- el doble, que tiene capacidad para transportar simultáneamente, en cada viaje, dos cajas estacionarias de 5m³.

Recolector de compactadores estacionarios (cajas compactadoras)

Para la recolección de gran volumen de residuos domiciliarios se pueden usar cajas estacionarias especiales, con estructura de chapa metálica, provistas de dispositivos de compactación de residuos, llamadas compactadores estacionarios, cuya capacidad es, por lo general, de 7 a 20m³ de residuos sueltos, y que son transportadas en vehículos especiales. Los compactadores estacionarios de 7m³ de capacidad, pueden ser manejados por los vehículos portacontenedores con grúa multifunción, mientras que los de más capacidad son manejados por camiones portacontenedores con sistema basculante.

Este sistema (más hermético y con más capacidad de acopio de residuos) está sustituyendo paulatinamente, en las grandes ciudades, al sistema de cajas estacionarias abiertas manejadas por portacontenedores con grúas multifunción, debido a que el nuevo sistema presenta ventajas estéticas, sanitarias y económicas.



Figura 28 - Caja compactadora

Camión recolector tipo “volquete tradicional”

Es un vehículo de caja abierta, sin compactación, no específico para la recolección de residuos sólidos domiciliarios, pero usado a menudo en comunidades pequeñas, de baja densidad demográfica, y en áreas de topografía accidentada en las que es difícil maniobrar recolectores compactadores más grandes. La descarga se hace, del mismo modo que en los recolectores de caja cerrada, por el volteo de la caja, cuyo volumen puede variar de 4 a 12m³. La caja está montada sobre chasis de camión con capacidad, respectivamente, de 7 a 12t de PBT.



La característica que guía a las municipalidades a optar por su uso es su flexibilidad operativa: puede ser utilizado para ejecutar varias actividades diferentes, y no solo en la recolección de residuos, de modo que es adecuado para las ciudades pequeñas en las que, en función de la poca producción de residuos, un vehículo especializado tendría un tiempo muerto importante. Además, otra ventaja es su bajo costo de adquisición y mantenimiento.

La principal desventaja de su uso en la recolección de residuos domiciliarios es que la caja es abierta y presenta gran dificultad para mantener en su interior la carga (especialmente los residuos más livianos) sin que sean desparramados por el viento a lo largo del recorrido. Para minimizar este problema, se pueden usar lonas o telas plásticas, pero, en la práctica su eficiencia es cuestionable debido a que reducen considerablemente la productividad de la cuadrilla de recolección. Se debe tener en cuenta que la productividad ya se ve afectada negativamente por la altura de carga de la caja.

Actualmente, hay disponible en el mercado sistemas especiales de acondicionamiento de residuos sólidos que son operados por camión volquete equipado con grúas hidráulicas. Entre estos citamos el sistema denominado “Molok”, que puede ser evaluado como alternativa en situaciones especiales, incluso en asentamientos precarios, por sus ventajas operacionales, estéticas y sanitarias cuando comparado con otros dispositivos más convencionales. Todavía, es necesario estudio previo de viabilidad, puesto que este sistema exige mayor inversión inicial para adquisición de los contenedores, fundas plásticas, etc. La figura 29 presenta esquemáticamente el sistema.



Figura 29 - Camión volquete con grúa para contenedores especiales “Molok”

8.1.7 Herramientas y útiles usados por los recolectores

Es importante que la cuadrilla de recolectores recoja los residuos domiciliarios sin dejar residuos desparramados en el entorno. Por consiguiente, es necesario el uso de escobillones de barrendero de tamaño mediano y palas cuadradas.

Un escobillón de barrendero de tamaño mediano tiene una base de madera con 22 orificios a los que se fijan haces de fibras vegetales. Actualmente, las fibras vegetales están siendo reemplazadas por cerdas de material plástico reciclado.

8.2 Recolección y transporte de residuos sólidos públicos

8.2.1 Concepto

La recolección de residuos sólidos públicos incluye la recogida y el transporte de los residuos producidos al ejecutarse las actividades, rutinarias y de emergencia, de limpieza de la vía pública, tales como el barrido, el desmalezamiento, la poda y recogida de residuos especiales (desechos y lodo arrastrados a la vía pública por la escorrentía, por ejemplo).

El método y los vehículos y equipos a ser usados en la recolección dependen fundamentalmente de la naturaleza específica de cada operación de limpieza en particular, del tipo de los residuos generados y de la forma de acondicionamiento.

Hay tres casos básicos que orientan en la selección del método a usar para la recolección de los residuos públicos:

- residuos acumulados en el suelo, a granel;
- residuos acondicionados en bolsas de plástico;
- residuos acondicionados en cubos contenedores o cajas estacionarias.

El peso específico y las otras características físicas de los residuos exigen soluciones diferenciadas de carga (manual o mecánica) y transporte hasta una estación de transferencia o unidad de disposición final.

8.2.2 Recolección de los residuos recogidos por barrido

Los residuos recogidos por el barrido de la vía pública pueden ser transportados por los barrenderos, al ejecutar el servicio, en carritos de mano hechos de tubos de acero provistos de un recipiente metálico (carro de barrendero), en contenedores de plástico o, si las cuestas son pronunciadas, en carretillas.

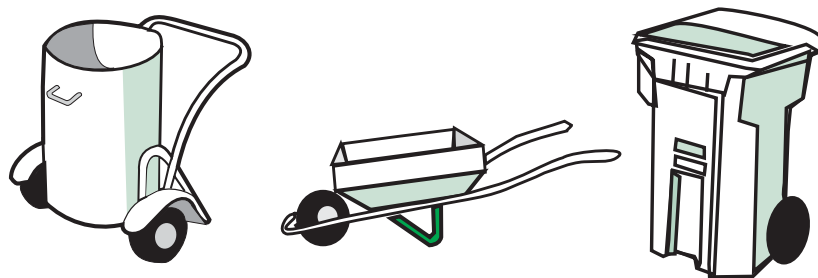


Figura 30 - Carro de barrendero, carretilla y contenedor de plástico



Cualquiera sea el caso, es recomendable que los residuos, por estar constituidos mayormente por materiales livianos (que pueden ser fácilmente desparramados por el viento), sean acondicionados en bolsas de plástico para la recolección.

De este modo podrán ser recogidos hasta por camiones recolectores compactadores (de carga trasera o lateral), detalle especialmente significativo en ciudades más grandes, debido a la productividad más alta de estos vehículos y al gran volumen de los residuos a ser recogidos. La recolección de estos residuos conjuntamente con la recolección de los residuos sólidos domiciliarios constituye una importante herramienta de racionalización de costos de recolección y transporte. También se pueden usar vehículos recolectores sin compactación, es decir, camiones de caja cerrada, volquetes tradicionales o portacontenedores que manejan cajas estacionarias.

Es importante planificar cuidadosamente la recolección de este tipo de residuos, a fin de que permanezcan la menor cantidad de tiempo posible en la vía pública puesto que, como el barrido se realiza en las zonas más urbanizadas de la ciudad una recogida más lenta puede afectar la imagen de eficiencia de la administración municipal. Como el barrido debe ser ejecutado en cada zona de forma rutinaria y programada, en días y horarios preestablecidos, la integración con la recolección es totalmente factible.

Para dimensionar la cantidad de residuos recogidos por el barrido de la vía pública, es necesario hacer un relevamiento en campo, a fin de identificar la generación promedio por ruta de barrido y, sobre esa base, calcular la producción de cada sector. La generación de residuos recogidos por el barrido es influenciada por varios factores, tales como el tipo predominante de uso de la calle o área pública específica, el grado de educación ambiental de la población que transita por ella, el tipo y el estado de la pavimentación de la calzada y la acera, así como las características del arbolado.

Dependiendo del tipo de arbolización existente, la generación de residuos en la vía pública puede aumentar considerablemente en función de las estaciones del año, por la caída de hojas y frutos sobre las veredas y el pavimento de las vías públicas.

8.2.3 Recolección de los residuos de desmalezamiento y roza

Las actividades de desmalezamiento y limpieza de terrenos generan, por lo general, restos de vegetación que, usualmente, se van acumulando en montones a lo largo del tramo en que se trabaja. De allí son cargados a mano en la caja de los camiones recolectores (generalmente volquetes convencionales).

Una alternativa operativa adoptada a veces es la colocación de cajas estacionarias en el lugar de trabajo a fin de que los residuos se depositen en su interior a medida que las labores avanzan. El manejo de estos contenedores abiertos está a cargo de portacontenedores con grúas multifunción.

Es necesario hacer notar que al dimensionar los servicios de recogida y transporte hay que tener en cuenta que el bajo peso específico de estos residuos hace que la capacidad de carga del equipo recolector sea subutilizada. La integración de la recolección de estos residuos con la recogida de los residuos de raspado de la tierra acumulada en la vía pública, puede ser una buena alternativa para aprovechar mejor la capacidad de carga del camión.

La identificación de áreas propicias para disposición de estos residuos, vecinas al lugar de ejecución de los servicios (áreas erosionadas, por ejemplo), también puede reducir los costos de transporte, siempre que se tomen los debidos cuidados sanitarios y ambientales inherentes a la disposición.

El dimensionamiento de la flota recolectora necesaria se basa en la experiencia de los encargados de las operaciones, durante el reconocimiento previo del lugar en el que se harán los servicios de desmalezamiento o limpieza de terrenos.

8.2.4 Recolección de los residuos de poda de árboles

La poda de árboles es una actividad muchas veces vinculada al sector de limpieza urbana de la municipalidad. Por las características de esta actividad, por lo general, es necesario programar el apoyo permanente de un camión para transportar las herramientas, útiles y mano de obra. Por consiguiente, lo natural es que se use ese mismo camión para recolectar los residuos generados a medida que el servicio es ejecutado.

Se deben tener en cuenta también las características físicas de este tipo de residuos al ser cargados, puesto que incluyen hojas sueltas, ramas de menor tamaño y troncos más gruesos, de modo que quedan muchos vacíos al ser colocados en la caja del camión. Como, además, el peso específico es bajo, la operación de recolección y transporte es más costosa y menos productiva.

Del mismo modo que para la disposición de los residuos de desmalezamiento y limpieza de terrenos, se pueden buscar áreas alternativas cercanas al lugar de generación para la disposición de los residuos de poda. Además, se puede preparar la carga para la recolección usando las herramientas propias de los servicios de poda (machete, serrucho y motosierra), de modo de homogeneizar el material a ser transportado y propiciar el aprovechamiento de parte de los residuos (troncos más gruesos, por ejemplo) en el mismo lugar en que se generaron.

En los últimos tiempos se están incorporando algunas alternativas tecnológicas a las operaciones de poda, a fin de afrontar el problema de la baja productividad y el alto costo de la recogida y transporte en las ciudades que producen grandes cantidades de residuos. Una trituradora de ramas puede ser un importante componente de una solución operativa, económica y ambientalmente adecuada para este problema. Es un equipo robusto y compacto, disponible en modelos remolcables que pueden reducir hasta 10 veces el volumen de carga de los residuos de poda. Otra ventaja de este sistema es que, triturados, los residuos son más fáciles de desechar en áreas vecinas adecuadas, debido a que el producto final tiene granulometría pequeña y puede ser agregado como cubierta del suelo natural, minimizando el riesgo de erosión, además de incorporar materia orgánica.

En la recolección de los residuos de poda, se suelen usar un camión de caja fija de madera, con una grúa especial para elevar al trabajador encargado de cortar las ramas más altas de los árboles.



8.2.5 Recolección de escombros y otros residuos de obra

Este tipo de servicio puede ser ejecutado directamente por la administración pública o por empresas particulares habilitadas por el organismo de limpieza urbana. La habilitación previa es necesaria para poder identificar a los prestadores de servicios y fiscalizar permanentemente sus actividades a fin de inhibir la disposición clandestina de residuos en lugares no adecuados.

Dos situaciones básicas dan lugar a la demanda de este servicio:

- escombros desechados clandestinamente en la vía pública, en terrenos baldíos y en las márgenes de cuerpos hídricos;
- generadores de este tipo de residuos que deseen contratar los servicios.

En el primer caso, es evidente la responsabilidad de la administración pública de recoger los residuos de la construcción civil desechados irregularmente en la ciudad, responsabilidad que justifica el mantenimiento de una infraestructura en el organismo de limpieza urbana para tal fin. Pero en el caso de la solicitud de los generadores, solo es aconsejable que el servicio sea prestado por el sistema de limpieza urbana a productores de pequeños volúmenes (una ordenanza municipal específica debe reglamentar este tema). En las obras que producen volúmenes mayores de escombros, se debe aplicar el principio de “quien contamina, paga”.

Quienquiera sea el ejecutor del servicio, debe ser programado, conjuntamente con el generador, el día y la hora más adecuada para la recolección de los residuos, teniendo en cuenta factores tales como el flujo de tránsito y las condiciones de estacionamiento en la vía pública cercana al lugar de generación. Es necesario organizar la ejecución del servicio no solo en función del control de solicitudes y de relevamientos en campo sino también de un recorrido racional, que minimice los desplazamientos improductivos y aumente al máximo la productividad de las operaciones.

La recolección de residuos de la construcción civil se hace por lo general con camiones volquete convencionales o cajas estacionarias de 5m³ manejadas con portacontenedores con grúas multifunción.

8.2.6 Recolección especial

Este tipo de servicio se hace necesario en situaciones que, desdichadamente, son comunes en las ciudades de América Latina y el Caribe, se trata de los puntos de acumulación inadecuada de residuos o vertederos clandestinos, situados generalmente en terrenos baldíos y lugares despoblados.

La expresión “la basura atrae más basura” sintetiza el motivo de esta acumulación: son pequeños volúmenes de residuos de poda, por ejemplo, que se van acumulando. Más tarde otras personas descargan allí escombros de obra, a los que se suman bolsas de plástico con residuos residenciales desechados irregularmente por otros moradores de la vecindad, y en poco tiempo hay un gran amontonamiento de residuos que ejercen un grave impacto sanitario y ambiental.

Por lo general, la existencia de puntos de acumulación de residuos o de vertederos clandestinos es resultado de las fallas operativas del sistema regular de recolección de residuos domiciliarios y de limpieza de la vía pública, así como de deficiencias de la fiscalización de las actividades municipales. La falta de observación de este aspecto por parte de los responsables de la limpieza urbana, no permite que se combatan las causas de este grave problema, sino solo sus consecuencias, de modo que surgen nuevos casos que demandan cada vez más servicios de recogida especial.

Debido a la gran cantidad de residuos acumulados en estos sitios, la operación de recolección requiere equipos mecánicos de carga (palas cargadoras), para reemplazar la operación manual, así como vehículos de mayor tamaño para la recogida y transporte de los residuos hasta el lugar de disposición final.

8.2.7 Vehículos y equipos utilizados en la recolección

Camión portacontenedor con grúa multifunción para manejo de cajas de 7t

Grúa hidráulica, con capacidad mínima de 7t, montada sobre chasis de un peso bruto total mínimo de 13,5t para levantamiento y transporte de contenedores metálicos abiertos en los que se acopian residuos sólidos. Este equipo puede ser sencillo, para transportar una caja por vez, o doble, para transporte de dos cajas simultáneamente.

Para ser productivo, este vehículo debe desplazarse a pequeñas distancias, entre el sitio en que las cajas permanecen estacionadas y el lugar de descarga.



Figura 31 - Camión recolector portacontenedores con grúa multifunción



Camión volquete corto

Vehículo de dos ejes para recolección de residuos públicos, escombros de obra y tierra, cuya caja tiene una capacidad de 5 a 8m³. Debe estar montado sobre chasis con capacidad para transportar de 12 a 16t de PBT.



Figura 32 - Camión volquete corto

Camión volquete largo

Vehículo de tres ejes, para recolección de residuos públicos, escombros de obra y tierra. La caja tiene generalmente 12m³ de capacidad y está montada sobre chasis con capacidad para transportar 23t de PBT.

Este camión es cargado, por lo general, por una pala cargadora, para reducir el esfuerzo humano y aumentar la productividad.



Figura 33 - Camión volquete largo

Portacontenedores para cajas basculantes *roll-on / roll-off*

Camión recolector con dispositivos de elevación de contenedores estacionarios de 10 a 30m³, sin compactación (figura 16). Cada vehículo debe manejar seis contenedores para que la productividad justifique su uso.

Debe estar montado sobre chasis de tres ejes con capacidad para transportar 23t de PBT.

Semirremolque

Semirremolque volquete con capacidad de 25m³ y cabeza tractora (4x2) con fuerza de tracción de 45t. Puede ser usado para acarrear escombros y en servicio de apoyo en las grandes operaciones de recogida de tierra o lodo. Es cargado con pala cargadora y se lo descarga, en el destino final, mediante el volteo de la caja.

El semirremolque es un equipo cuya parte frontal debe ser apoyada en un vehículo remolcador, llamado cabeza tractora.

Una lona o tela de plástico debe cubrir la parte superior de la caja para evitar que el viento disperse residuos en la vía pública durante el desplazamiento del vehículo.

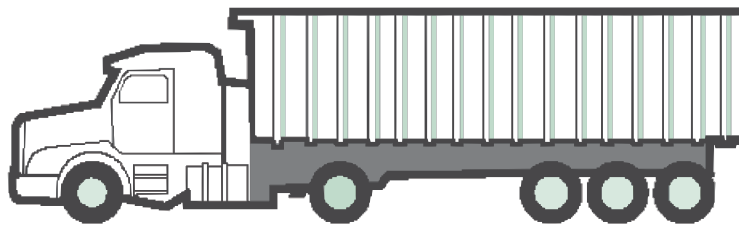


Figura 34 - Semirremolque

Pala cargadora

Tractor cargador excavador sobre ruedas, usado para amontonar tierra, escombros, lodo y residuos, y llenar los camiones volquete, las cajas basculantes y los semirremolques en las operaciones de limpieza en la vía pública y en los puntos de acumulación de residuos.

En los servicios en la vía pública, normalmente se usan máquinas con cucharón de 1,5m³, mientras que para cargar semirremolques es aconsejable usar máquinas con cucharón de 3m³ para aumentar la productividad y porque la altura de carga es mayor.



Figura 35 - Pala cargadora



8.3 Recolección de residuos en ciudades turísticas

La cantidad de residuos a ser recolectada varía de acuerdo con la fluctuación de la población, sea por la temporada turística o habitual.

Puesto que la fluctuación habitual (semanal o mensual) prácticamente no influye en el dimensionamiento de la flota, este apartado se limita a describir los procedimientos que deben adoptarse en ciudades turísticas a fin de mantener la calidad de la recolección de los residuos domiciliarios durante la temporada de gran afluencia.

Las medidas básicas que deben tomarse son:

- hacer la recolección en horas extra, dentro de los límites impuestos por la legislación laboral;
- aumentar la cantidad de turnos de recolección;
- poner en operación la flota de reserva;
- contratar vehículos extra de empresas o particulares.

Siempre que sea posible se debe programar con anticipación la contratación de vehículos extra para evitar la especulación con los precios.

Es importante hacer notar que estas medidas deben implementarse de forma secuencial, de modo que se aumente el costo de la recolección solo en la medida de las necesidades.

Otros puntos importantes que se deben tener en cuenta son:

Tránsito

El tránsito en estas ciudades, en temporada de vacaciones, suele estar congestionado, lo que dificulta el desplazamiento de los vehículos recolectores y aumenta el tiempo de la recolección. Por consiguiente, la recolección de residuos debe ser programada para los horarios en que la circulación de vehículos es menos intensa.

Playas

En las ciudades costeras, en las que los turistas se concentran en una zona específica de la ciudad, las rutas de recolección que cubren las calles que bordean el mar deben ser revisadas y redimensionadas, a fin de adecuarlas a las demandas estacionales, no solo respecto al aumento de la producción de residuos, sino también en relación con la frecuencia y los horarios de recolección.

Es necesario hacer notar que aunque sea una medida aparentemente económica, la reducción de la frecuencia de recolección, no debe considerarse jamás, puesto que cuanto mayor sea el intervalo entre las recogidas, mayor será la probabilidad de que se creen puntos de acumulación de residuos en la vía pública, lo que perjudica las condiciones sanitarias y ambientales de la ciudad y ahuyenta a los turistas.

8.4 Recolección de residuos sólidos en asentamientos precarios

En muchas ciudades de América Latina y el Caribe hay asentamientos precarios, debido a las pésimas condiciones socioeconómicas de una fracción significativa de la población de la región.

La carencia de la más elemental infraestructura urbana en estas comunidades, representa la suma de los principales obstáculos que debe enfrentar el servicio de recolección de residuos domiciliarios:

- dificultad de acceso de los camiones recolectores convencionales;
- acondicionamiento precario de residuos, cuando no inexistente;
- tendencia de los habitantes a deshacerse de los residuos inmediatamente después de generados, debido a que el espacio en el interior de las viviendas es mínimo.

Se deben tener en cuenta estos factores al hacer, para estas comunidades, la planificación racional de un sistema alternativo de recolección de residuos que revierta la escena usual de graves riesgos a la salud pública y al medio ambiente.

Para sortear la dificultad de acceso a las callejuelas y caminos internos, por lo general angostos o en cuestas pronunciadas, se deben usar vehículos especiales, estrechos, con excelente capacidad de maniobras y de subir pendientes.

Los microtractores o tractores agrícolas con tracción 4x2 o 4x4 son las alternativas más factibles. Estas máquinas remolcan carros volquetes de 2,5m³ de capacidad, cuya caja es de acero o madera.

(4x2) - vehículo de dos ejes con tracción en las ruedas traseras.

(4x4) - vehículo de dos ejes y tracción en las cuatro ruedas.



Figura 36 - Microtractor



Figura 37 - Microtractor y carro volquete



Como estos equipos no son adecuados para desplazamientos a gran distancia, los residuos recolectados son transportados a un sitio de acumulación temporal, en donde serán vaciados en la caja de un vehículo recolector normal que lo transportará hasta el lugar de disposición final. Normalmente, es recomendable instalar en esos puntos de acumulación temporal cajas estacionarias que, más tarde, son transferidas a vehículos recolectores especiales (portacontenedores, compactadores, etc.).

Es necesario mencionar aquí las precauciones, ya expuestas en el apartado dedicado específicamente a este tema en el capítulo 7, referidas a los cuidados que se deben tomar al instalar contenedores abiertos en asentamientos precarios, debido a la proliferación de insectos y otros animales nocivos. Si no se mantienen las condiciones adecuadas de limpieza y fiscalización, aumenta el riesgo de la población prender fuego a los residuos.

El problema de acondicionamiento de los residuos en estas áreas, puede resolverse con la distribución de cubos contenedores a lo largo del recorrido de recolección del microtractor, de preferencia cubos contenedores de plástico, con ruedas y tapa.

La frecuencia de la recolección debe ser estudiada cuidadosamente, y es conveniente que se recojan los residuos en intervalos más cortos, es decir, lo mejor es que la recolección sea diaria.

Se debe hacer notar el hecho de que en muchas de estas comunidades no es posible siquiera el uso de microtractores en la recolección, debido a que no hay ningún acceso transitable. En estos casos, la recolección debe hacerse de modo manual, llevando los residuos hasta puntos accesibles a algún tipo de equipo.

En varias ciudades se ha verificado que la contratación de recolectores comunales presenta buenos resultados. En estos casos, la municipalidad contrata al centro comunal, por ejemplo, que selecciona a las personas que compondrán la cuadrilla de recolección (y de desmalezamiento, limpieza de canales, etc.).

Es importante destacar que, en la contratación de recolectores comunales, está involucrado el principio de hacer participar a los vecinos en el mantenimiento del lugar en que viven. Los otros habitantes del área también se sienten obligados a mantener limpia las áreas públicas, puesto que uno de sus vecinos se ocupa de limpiarla.

8.5 Recolección de residuos de establecimientos de salud

8.5.1 Reconocimiento del problema

La higiene ambiental de los establecimientos asistenciales de salud o simplemente servicios de salud (hospitales, clínicas, centros médicos, clínicas veterinarias, etc.) es fundamental para la disminución de infecciones, porque elimina de pisos, paredes, techos y mobiliario, por acción mecánica y con soluciones germicidas, el polvo, los fluidos del cuerpo y cualquier residuo de los diversos equipos. El transporte interno de los residuos, el correcto acopio, y la posterior recolección y transporte, completan las medidas destinadas a disminuir las infecciones.

Las tasas de generación de residuos de los servicios de salud pueden ser relacionadas a la cantidad de camas. En la tabla 14 se observan las tasas de algunos países y las de la ciudad de Río de Janeiro.

Tabla 14

Tasas de generación de residuos sólidos en servicios de salud	
Lugar	Generación promedio kg/cama/día
Chile	0,97 - 1,21
Venezuela	3,10
Argentina	1,85 - 3,65
Perú	2,93
Paraguay	3,80
Brasil	2,63
Río de Janeiro	3,98

Los residuos de los servicios de salud se clasifican en comunes, infecciosos y especiales (ver tabla 4).

Las áreas hospitalarias se clasifican en tres categorías:

- áreas críticas: son las que presentan mayor riesgo de infección, tales como las salas de cirugía, de parto y de aislamiento de enfermedades transmisibles, laboratorios, etc.
- áreas semicríticas, que presentan menor riesgo de contaminación, como las salas ocupadas por pacientes con enfermedades no infecciosas o no transmisibles, y las áreas de enfermería, lavandería, refectorio, cocina, etc.
- áreas no críticas son las que teóricamente no presentan riesgos de transmisión de infecciones, tales como las salas de la administración, depósitos, etc.

8.5.2 Segregación

Hay normas establecidas que deben ser obedecidas en relación a la segregación de los residuos infecciosos y los desechos comunes en las unidades de servicios de salud, como ser:

- todo residuo infeccioso, en el momento de su generación, tiene que ser colocado en un recipiente próximo al lugar en que se produce;
- los residuos infecciosos deben ser acondicionados, conforme a normas técnicas, en bolsas plásticas (generalmente de color blanco lechoso), debidamente cerradas;
- los residuos cortopunzantes (agujas, vidrios, etc.) deben ser acondicionados en recipientes especiales para este fin;



- los residuos procedentes de análisis clínicos, hemoterapia e investigación microbiológica deben ser sometidos a esterilización en el propio lugar de su generación;
- los residuos infecciosos compuestos por miembros, órganos y tejidos de origen humano deben ser colocados, separados, en bolsas plásticas (de color blanco lechoso), apropiadamente cerradas.

8.5.3 Recolección separada de residuos comunes, infecciosos y especiales

Los residuos infecciosos y especiales deben ser separados de los residuos comunes antes de ser recolectados. Los residuos radiactivos deben ser administrados de acuerdo con las resoluciones específicas de cada país y con los respectivos órganos de control.

Los residuos infecciosos y parte de los residuos especiales deben ser acondicionados en bolsas plásticas de color blanco lechoso y colocados en contenedores basculantes que se cargan en vehículos especiales para la recolección de residuos de los servicios de salud. Estos residuos representan como máximo un 30% del total generado.

Si no se hiciera la separación de desechos infecciosos y especiales, los residuos producidos deben ser acondicionados, acopiados, recolectados y dispuestos como infecciosos y especiales.

Respecto a la frecuencia de la recolección, las normas vigentes recomiendan, en la mayoría de los casos, que la recolección de residuos de los servicios de salud debe ser diaria, incluso los domingos.

8.5.4 Vehículos para recolección y transporte

Para que las bolsas plásticas que contienen residuos infecciosos (o no seleccionados) no se rompan y liberen líquidos o aire contaminados, es necesario utilizar equipos de recolección que no tengan compactación y que, como medida de precaución adicional, sean herméticos y tengan dispositivos de captación de líquidos. Dependiendo de su tamaño deben poseer, de preferencia, dispositivos mecánicos de carga y descarga de contenedores basculantes.

Los desechos comunes generados en estos establecimientos deben ser recolectados por el servicio de recolección normal u ordinaria.

A continuación, presentamos los tipos de vehículos recolectores usualmente recomendados para la recolección de residuos de los servicios de salud.

Furgoneta o furgón

Vehículo liviano, tipo furgón, con cabina para pasajeros independiente del compartimiento de carga, con capacidad para 500 kilos. El compartimiento de carga está revestido con fibra de vidrio para evitar la acumulación de residuos infecciosos en los bordes y rendijas, y facilitar el lavado y la higienización.

Los furgones livianos, con carrocería hermética y capacidad para aproximadamente 2m³ de residuos, son convenientes para recoger objetos cortantes o punzantes de farmacias, droguerías, laboratorios de análisis, consultorios odontológicos y establecimientos similares. En algunos casos, estos furgones podrían descargar los residuos recolectados en el patio de carga de los equipos mayores de recolección de residuos de servicios de salud, que harían el transporte hasta el lugar de disposición final, si esto fuera conveniente desde el punto de vista económico.



Figura 38 - Furgoneta para recolección de residuos de establecimientos de salud

Camión recolector de residuos infecciosos

Camión recolector de 2 ejes, sin compactación, con capacidad volumétrica de 6 a 8m³. Puede adaptarse un sistema basculante para vaciar contenedores plásticos o metálicos con una capacidad de hasta 700 litros. Caja fabricada en acero con todos los cordones de soldadura continuos para evitar la fuga de líquidos, con compartimiento para captación del líquido originado en la carga, y un dispositivo para descarga del mismo en el lugar apropiado. Posee un eficiente sistema de sellado entre la tapa trasera y la caja de carga. La eyección de los residuos se hace por medio del volquete de la caja colectora, después de la apertura total de la tapa trasera. El sistema hidráulico es actuado por la toma de fuerza acoplada a la caja de cambios, con accionamiento neumático desde el interior de la cabina. Entre los chasis recomendados para montaje, están: VW 8150, MB 914 y Ford Cargo 81.

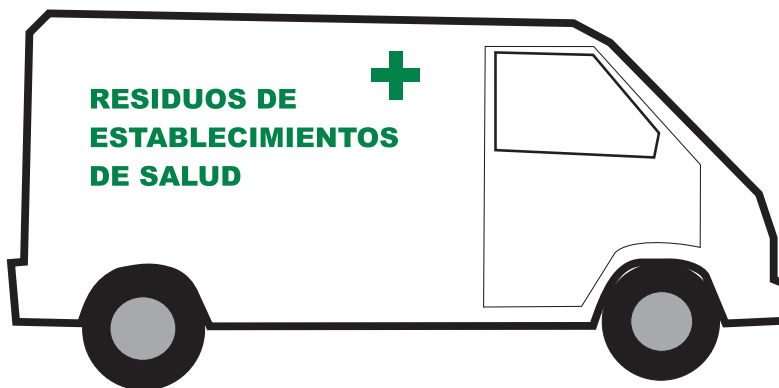


Figura 39 - Camión para recolección de residuos de establecimientos de salud



8.5.5 Aspectos de la planificación de la recolección

En la planificación de la recolección de estos residuos, se debe determinar, conjuntamente con los generadores y el órgano responsable de la salud, la cantidad producida en cada establecimiento, así como las posibilidades de tratamiento en la fuente y las formas de acondicionamiento y acopio interno de los residuos.

Los pasos siguientes incluyen:

- ubicar en un mapa todos los establecimientos de salud: hospitales, ambulatorios, farmacias/droguerías, centros médicos, servicios de urgencia, clínicas en general;
- dimensionar, tomando como base la información obtenida, el tipo y la cantidad de vehículos recolectores, y la frecuencia y las rutas de recolección;
- seleccionar el vehículo recolector con carrocería estanca, tipo furgón o semejante, dotado de bandeja para retención de líquidos;
- capacitar y entrenar a la cuadrilla responsable de ejecutar el servicio, incluso cuanto a protección y seguridad del trabajo.

Las directrices básicas para racionalizar los costos y establecer una política adecuada de gestión de este servicio son las siguientes:

- facilitar el tratamiento;
- impedir la contaminación;
- intensificar las medidas de seguridad;
- evitar accidentes de trabajo;
- mantener un ambiente organizado y agradable;
- valorizar al empleado;
- reducir el ausentismo.

Pensando en la calidad de la administración de los residuos de establecimientos de salud es importante que se pueda garantizar un proceso educativo que suscite en las personas el deseo de cambio.



9

Transferencia de residuos sólidos





9.1 Concepto

En las ciudades grandes y medianas que atraviesan una intensa expansión urbana, aumentan las exigencias ambientales y la resistencia de la población a aceptar la instalación cerca de sus casas de emprendimientos vinculados con la disposición final de los residuos sólidos. Además, los terrenos urbanos resultan muy caros para instalar un relleno sanitario, para lo que se requieren áreas de grandes dimensiones, de modo que las unidades de destino final están siendo implementadas cada vez más lejos de los centros de generación masiva de residuos. Del aumento de la distancia entre el punto de recolección y el relleno sanitario se derivan los siguientes problemas:

- atraso en las rutas de recolección, lo que prolonga la exposición de los residuos en la vía pública;
- aumento del tiempo improductivo de la cuadrilla que espera inactiva el regreso del camión que fue a vaciar su carga en el relleno;
- aumento del costo de transporte;
- reducción de la productividad de los camiones recolectores, que son vehículos especiales y, por consiguiente, caros.

Para solucionar estos problemas, algunas municipalidades están instalando estaciones de transferencia o trasbordo.

Los residuos descargados en las estaciones de transferencia son transportados al relleno sanitario por vehículos de mayor tamaño y de costo unitario de transporte más bajo.

Los vehículos que hacen la transferencia suelen tener el triple de la capacidad de carga de los camiones recolectores.

Normalmente, se comienza a pensar en la instalación de estaciones de transferencia cuando la distancia entre el centro de recolección masiva y el relleno sanitario es de más de 25km. En las grandes ciudades, en las que las condiciones del tránsito automotor hacen que los desplazamientos sean sumamente lentos, se pueden encontrar estas estaciones a distancias al relleno sanitario aún más cortas.

Las estaciones de transferencia son unidades instaladas cerca de la generación masiva de residuos para que los camiones recolectores llenos descarguen y regresen rápidamente a continuar su ruta de recolección.



La instalación de una estación de transferencia debe ser precedida de un estudio de factibilidad que evalúe las ventajas económicas y de calidad que puede aportar al sistema de recolección.

Respecto a la modalidad de transporte, el sistema de transferencia puede ser:

Ferrovionario - indicado para largas distancias o para ciudades en que el tránsito automotor hasta el local de disposición final es muy lento. Requiere un sistema automotor complementario para transportar los residuos desde el área de desembarque al relleno sanitario.

Marítimo - indicado para largas distancias, es una excelente opción en ciudades que tienen ríos o bahías navegables. Los residuos deben ser transportados preferiblemente en contenedores cerrados, evitándose el transporte a granel.

Requiere un sistema automotor complementario para transportar los residuos desde el área de desembarque hasta el relleno sanitario.

Automotor - es el sistema más usado, recomendable para distancias medias de transporte y para lugares en los que el tránsito hasta el local de disposición final no esté muy saturado.

9.2 Tipos de estaciones de transferencia

9.2.1 Estación con trasbordo directo

Este tipo de estación de transferencia es muy usual. Tiene un desnivel entre las plataformas de carga y descarga, de modo que los camiones recolectores, en una cota superior, descarguen los residuos directamente en el vehículo de transferencia.

Como no disponen de un lugar para acopio de residuos, estas estaciones requieren de una flota más numerosa de vehículos de transferencia para evitar que los camiones recolectores deban esperar demasiado para descargar.



Figura 40 - Estación con trasbordo directo

9.2.2 Estación con acopio

En la mayor parte de las ciudades, todos los camiones recolectores empiezan su recorrido a la misma hora, de modo que es probable que los vehículos se llenen y lleguen a la estación de transferencia dentro de la misma franja horaria. La llegada simultánea de vehículos hace imprescindible que la estación cuente con un lugar adecuado para hacer acopio de los residuos a fin de absorber los “picos” de vaciado.

El acopio de residuos, además de absorber los “picos” de vaciado, hace posible que la operación del sistema requiera menos vehículos. Entre los modelos más empleados de estaciones de transferencia con sitio para acopio se destacan:



Estación con acopio en silos y compactación

El principal objetivo de estas estaciones es aumentar la masa específica de los residuos a fin de reducir el gasto en transporte. El modelo tradicional cuenta con un silo de acopio y un desnivel entre las plataformas de carga y descarga. Un sistema hidráulico instalado en el silo compacta los residuos en el interior de los vehículos de transferencia.

Cuando se usa este equipo en sistemas de transporte automotor, es de fundamental importancia obedecer las especificaciones de los vehículos de transporte para no superar los límites de carga de las carreteras.

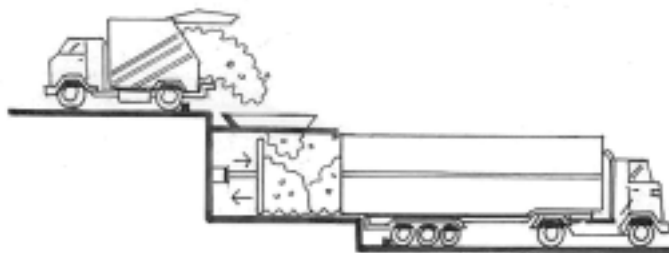


Figura 41 - Estación con acopio y compactación

Estación con acopio en silos y sin compactación

Algunos proyectos incluyen silos de acopio para recibir los residuos transportados por los camiones recolectores. Una máquina tipo excavadora hidráulica retira los residuos de los silos y los carga en los vehículos de transferencia. Este modelo es el más adecuado para estaciones que reciben hasta 1.000t/día. La adopción de este modelo para unidades de mayor envergadura podría aumentar demasiado el costo de las obras civiles.

Estación con acopio en patios y sin compactación

Otro modelo que también se usa mucho es el de las estaciones con patios de acopio. Estas estaciones cuentan con patios pavimentados, cubiertos y con los costados cerrados, a fin de evitar la exposición de los residuos y mejorar la estética de las instalaciones. La carga de los residuos en los vehículos de transferencia puede hacerse usando excavadoras hidráulicas o palas cargadoras. En este modelo tanto la descarga de los camiones recolectores como la carga de los vehículos de transferencia es muy rápida, y puede ser empleado en estaciones de pequeña y gran envergadura.



Figura 42 - Estación con acopio y sin compactación

9.2.3 Sistemas de transferencia alternativos

El concepto de estación de transferencia, aunque fue originalmente desarrollado para responder a la demanda de grandes ciudades, puede ser incorporado en situaciones especiales de pequeñas comunidades situadas en lugares de difícil acceso para los equipos convencionales de recolección. Por ejemplo, un sistema alternativo de recolección que funcione con carros de arrastre animal en vías públicas inaccesibles a los camiones recolectores, puede descargar los residuos sólidos recolectados en un contenedor estacionario (o depósito equivalente) en un punto al que los vehículos automotores de mayor tamaño tengan acceso, para que se encarguen de transferir los residuos allí depositados a su destino final.

9.3 Vehículos y maquinaria para estaciones de transferencia

Para el transporte de los residuos descargados en las estaciones de transferencia, se pueden usar grandes contenedores basculantes intercambiables por medio de vehículos equipados con grúas para levantarlos y ubicarlos sobre la plataforma, o semirremolques (con o sin compactación).

Los modelos de vehículos y equipos más usados en estaciones de transferencia son: semirremolque tipo volquete y semirremolque con fondo móvil.

Semirremolque tipo volquete

Semirremolque volquete, remolcado por cabeza tractora (4x2) de 45 toneladas de fuerza de tracción. La carga se hace desde la rampa de trasbordo o usando una pala cargadora o excavadora hidráulica, y la descarga por medio de la inclinación de la caja. El modelo usualmente más utilizado es de 45m³ de capacidad.



Figura 43 – Semirremolque volquete de 45m³



Semirremolque con fondo móvil

Semirremolque con 70m³ de capacidad, remolcado por cabeza tractora (4x2) de 45 toneladas de fuerza de tracción. La carga se hace desde la rampa de trasbordo o usando una pala cargadora o excavadora hidráulica, y la descarga por medio del movimiento alternado de los listones del fondo móvil.



Figura 44 - Semirremolque de 70m³, con fondo móvil

En todos los semirremolques se debe cubrir la carga con malla o lona de plástico para evitar ensuciar la vía pública.

10

Limpieza de vías públicas





10.1 La importancia de la limpieza de la vía pública

Hasta mediados del siglo XIX, las calles de las ciudades eran depósito, no solo de pequeños desechos, sino también de restos de comida y de grandes cantidades de excrementos animales y humanos. La suciedad en Europa durante la Edad Media está bien documentada, así como las pestes y epidemias que produjo.

Sin embargo, en diversas ciudades del mundo se han establecido, hace muchos siglos, leyes y ordenanzas municipales que prohíben arrojar residuos y objetos a la vía pública.

Como consecuencia del desarrollo de la medicina y la ingeniería sanitaria durante el siglo XIX, se reconoció por primera vez que los desechos humanos, si no fueran recolectados, tratados y eliminados de modo adecuado, eran una importante fuente de enfermedades y que podían provocar epidemias explosivas. Además, se descubrió también, la relación entre ratones, moscas y cucarachas, los residuos arrojados a la vía pública y la transmisión de enfermedades a través de esos vectores. Fue entonces que se empezaron a tomar medidas efectivas para la recolección domiciliaria de los residuos, en vez de permitir que se los arrojase a la calle o en terrenos baldíos.

Las moscas y ratones que proliferan en la basura pueden transmitir muchas enfermedades. Son los llamados "vectores" de las enfermedades.

Respeto a los excrementos animales, la eliminación de parte importante de esos desechos en la vía pública (excepto las deyecciones caninas), se alcanzó por medio del reemplazo de los carros de arrastre animal por el transporte automotor.

La pavimentación de las calles y la difusión de los principios de la higiene y la salud pública en las escuelas también contribuyeron a la reducción de los residuos en la vía pública.

La limpieza de la vía pública es importante para la comunidad y debe ser tratada dando prioridad al interés colectivo sobre el individual, a fin de respetar los anhelos de la mayor parte de los ciudadanos. Los principales motivos para mantener limpia la vía pública son:

Sanitario

- prevenir enfermedades causadas por la proliferación de vectores en acumulaciones de residuos en la vía pública o en terrenos baldíos;
- evitar daños a la salud producidos por el contacto del polvo con los ojos, oídos, nariz y garganta.

Seguridad

- evitar daños a los vehículos, producidos por ramas de árboles y objetos cortantes;
- promover la seguridad vial, puesto que el polvo y la tierra pueden producir derrapes y las hojas y césped secos pueden causar incendios;
- evitar el atascamiento del sistema de alcantarillado de aguas pluviales.

Estético

- una ciudad limpia inspira el orgullo de sus habitantes, mejora el aspecto de la comunidad, ayuda a atraer nuevos residentes y más turistas, valoriza los inmuebles y amplía los negocios.

Los aspectos estéticos asociados a la limpieza de la vía pública son fuertes argumentos en la implementación de las políticas y medidas de mejora de la imagen de las ciudades, en especial en las ciudades turísticas. Sin importar cuál sea la significación histórica, la belleza del paisaje y la riqueza cultural en el contexto turístico de una ciudad, difícilmente un visitante hará propaganda positiva de un lugar en que haya encontrado la estética urbana afeada por la falta de limpieza. Del mismo modo que un turista exige la limpieza de la ciudad, es conveniente hacer notar que, en muchos casos, él mismo es un agente que contribuye a ensuciarla.

En general, el turista no establece un vínculo afectivo con el lugar que visita: es un mero visitante, un consumidor del espacio. Es por eso que la relación de aprecio es menos intensa en comparación con la de los habitantes. De forma general, las personas cuidan más de sus casas que de los espacios que no les pertenecen.

Sobre la base de esta constatación, se pone de manifiesto lo importante que es que la administración pública de las ciudades turísticas se mantengan atentas a la necesidad de implementar campañas de limpieza urbana dirigidas específicamente a los visitantes, con miras a mantener la estética urbana y, consecuentemente, a contribuir a mejorar las condiciones sanitarias de la ciudad.

10.2 Desechos encontrados en la vía pública

Los desechos encontrados comúnmente en la vía pública urbana son:

- partículas formadas por la abrasión del pavimento;
- caucho de los neumáticos y residuos de pastillas y forros de los frenos;
- arena y tierra acarreadas por los vehículos o provenientes de terrenos baldíos y taludes;
- ramas y hojas de árboles, malezas y hierbas dañinas;
- papeles, plásticos, periódicos, envases;
- residuos domiciliarios (por lo general en pequeña cantidad, principalmente en terrenos baldíos y en áreas cercanas a asentamientos precarios);
- excrementos caninos y de otros animales (también en pequeña cantidad);
- partículas provenientes de la contaminación atmosférica.



Figura 45 - Vía pública considerada “sucia”, con pedazos de papel y material plástico en las cunetas



Figura 46 - Vía pública considerada “limpia”, sin residuos a la vista

En realidad, los desechos que más ofenden al sentido de higiene y limpieza de los ciudadanos son los papeles, pedazos de plástico, envases y restos de comida arrojados a la vía pública. Una cuneta con un poco de tierra y residuos formados por la abrasión del pavimento, difícilmente es percibida como “sucia” por la población, al contrario de lo que sucede con los papeles y plásticos que se asocian a “basura” (tipos de residuos que efectivamente producen mal olor, tienen aspecto desagradable y atraen animales indeseables).

Sin embargo, en las ciudades más desarrolladas cada vez se da más valor a la combinación de limpieza con medidas de conservación de la vía pública (pavimento de la calzada y de las aceras en buenas condiciones, etc.), en la definición de un patrón de calidad de los servicios de limpieza urbana compatible con clientes-ciudadanos cada vez más exigentes.

10.3 Servicios de limpieza de la vía pública

Los servicios de limpieza de la vía pública suelen incluir actividades tales como: barrido; desmalezamiento y raspado; segado; limpieza de sumideros; limpieza de ferias y servicios de retirada de residuos.

También pueden abarcar otras actividades tales como limpieza de playas, desobstrucción de alcantarillas, combate a plagas y desinfección, poda de árboles, pintura de cordones y lavado de la vía pública.

10.3.1 Servicios de barrido

Características de la vía pública urbana

En las vías pavimentadas, la mayor parte de los detritos se encuentra en las cunetas (a unos 60cm del cordón como máximo), debido al desplazamiento de aire producido por la circulación de los vehículos, que “empuja” la suciedad hacia el cordón de la vereda.

En las calzadas prácticamente no hay suciedad a menos que casi no haya tránsito de vehículos.

Además, la lluvia se encarga de arrastrar los detritos hacia el cordón, en dirección a los desagües, debido a la forma combada de la sección transversal de la calzada. La cuneta es, en realidad, una “canaleta” diseñada para conducir el agua de lluvia.

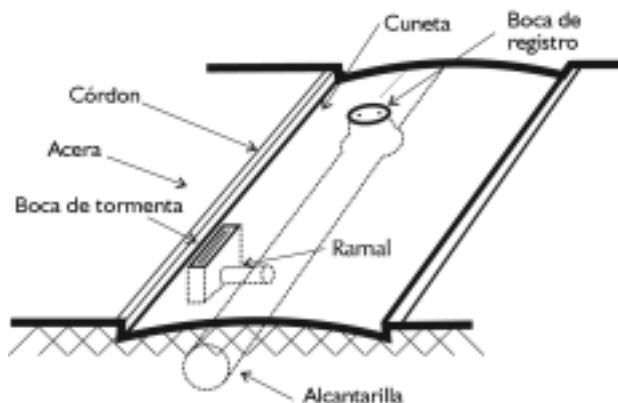


Figura 47 - Sección transversal de una vía pública

Como en las calles no pavimentadas no sucede lo mismo, es necesario limpiar casi todo el ancho de la vía.

Es fundamental tener en cuenta estas características al definir la metodología de planificación de la limpieza de la vía pública.

Redimensionamiento de las rutas de barrido manual

Levantamiento del plan actual de barrido

Se debe verificar y comprobar el plan de barrido que contiene las rutas realmente ejecutadas. En el diagnóstico del plan deben constar los tramos de calles barridos por cada ruta, la respectiva extensión (expresada en metros lineales de cuneta y acera) y las cuadrillas asignadas (barrenderos).

Calidad del servicio

Como no existe ningún proceso para determinar con precisión el grado, la calidad y el patrón de limpieza que cada vía pública requiere, los responsables de la limpieza urbana se ven obligados a usar su propio criterio. Ellos determinarán los métodos y la frecuencia de limpieza y evaluarán la aprobación o desaprobación de la población de acuerdo con la cantidad y el contenido de los reclamos y sugerencias.



Sin embargo, es posible conseguir indicaciones previas de la opinión pública acerca de la limpieza. Es recomendable llevar a cabo un sondeo de opinión, verificar los reclamos recibidos con anterioridad y consultar los archivos de la prensa.

Pruebas de productividad

Como cada ciudad tiene características, costumbres y cultura propias, es conveniente hacer una prueba práctica para evaluar la productividad de los trabajadores, es decir, cuántos metros de cunetas y aceras pueden ser barridos por un trabajador en un turno. Se suele medir este índice, de importancia fundamental para el redimensionamiento de las rutas de barrido, en calles típicamente residenciales, comerciales, principales (vías de penetración) y turísticas.

Para la ejecución de las pruebas se eligen trabajadores con rendimiento medio y se mide, durante un período de aproximadamente quince días, la distancia que cada uno barre en cada tipo de vía pública. Se calculan los promedios sin tener en cuenta los valores inconsistentes.

Definición de los puntos que inciden en la opinión pública

En lo que atañe a la limpieza pública, es imprescindible que la población participe para alcanzar la calidad adecuada del servicio, de modo que es necesario establecer puntos de referencia prácticos que permitan verificar comparativamente la movilización de esfuerzos y la calidad de las actividades del órgano prestador de los servicios.

En este sentido, una de las primeras medidas que se deben tomar para mejorar los servicios, es la identificación de los puntos que inciden en la opinión pública, es decir, vías públicas que tengan características tales que, si permanecen limpias, consolidan la formación de una opinión pública favorable (tanto de los habitantes de la ciudad como de los turistas) respecto a la limpieza de la ciudad, lo que moviliza a la ciudad para mantener la limpieza e higiene de la vía pública. Estos puntos deben ser fotografiados periódicamente con fines de comparación.

Son puntos que inciden en la opinión pública los lugares turísticos, los centros comerciales, las calles y avenidas principales y las de acceso y salida de la ciudad.

Definición de la frecuencia de barrido

Se debe definir la frecuencia mínima de barrido para que la limpieza de la vía pública tenga la calidad deseada.

Esto es necesario debido a que, si se barre una calle todos los días, por ejemplo, se necesitará el doble de los trabajadores requeridos para barrerla día por medio.

Trazado del nuevo plan de barrido

Una vez que se dispone del plan actual, de los índices de productividad determinados (metros de cunetas y aceras barridos por trabajador por turno en cada tipo de vía pública), de los puntos que inciden en la opinión pública y de la frecuencia mínima de barrido de las diferentes áreas, se puede trazar el nuevo plan, en un mapa, a la escala adecuada al área de estudio.

Una vez que el nuevo plan entra en vigor, se debe verificar el estado de limpieza logrado, por medio de fotos, y se debe evaluar la reacción de la población, a través de sondeos de opinión y control de los reclamos. Luego, se deben hacer los ajustes necesarios.

Se pueden asignar de uno a tres trabajadores a cada ruta, pero es recomendable que se asigne uno a cada recorrido, a fin de delimitar la responsabilidad y facilitar la fiscalización.

Utensilios, herramientas y vestuario

Las principales herramientas y utensilios manuales de barrido son los siguientes:

- escobillones de barrenderos (de fibras vegetales o de plástico);
- escobillón chico y pala cuadrada, usados para recoger los residuos y hacer el acabado del barrido;
- llaves para abrir los desagües;
- azada para la limpieza de desagües y la extracción de los residuos.

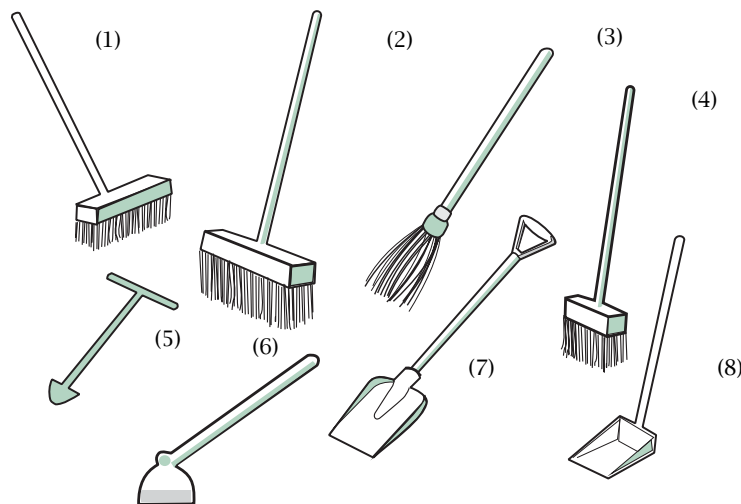


Figura 48 - Escobillón moderno (1), escobillón de barrendero (2), escoba (3), escobillón chico (4), llave para desagües (5), azada para limpieza de desagües (6), pala cuadrada (7) y pala especial para recoger residuos (8)



Figura 49 - Barrido manual



La ropa a ser usada puede ser la misma que usa la mayoría de los trabajadores de los servicios de limpieza urbana: pantalón, chomba, botinas y gorra.

Por seguridad, es conveniente usar cintas reflectoras en el uniforme; son muy útiles, especialmente en trabajos nocturnos.

Tareas del barrendero

Por lo general, cada barrendero debe:

- recoger residuos domiciliarios arrojados a la vía pública (no acondicionados);
- barrer la acera y la cuneta a lo largo de la ruta asignada;
- vaciar las cestas de papeles;
- arrancar la maleza de la cuneta y alrededor de los árboles y postes (una vez cada 15 días);
- limpiar los desagües pluviales de la ruta.

Tipos de barrido

A pesar de los costos, en algunas situaciones el barrido mecánico puede ser aconsejable. Una barredora de gran tamaño puede barrer, en promedio, aproximadamente 30km de cuneta por turno de trabajo. Si se tiene en cuenta que la productividad promedio del sistema manual es de 2km de cuneta por trabajador por turno, este tipo de barredora puede reemplazar a 15 barrenderos.

Sin embargo, el costo del alquiler mensual de una barredora mecánica de gran tamaño en los países de América Latina y el Caribe puede llegar a ser equivalente a la remuneración de por lo menos 18 barrenderos.

Teniendo en cuenta la importancia que reviste la creación de puestos de trabajo en los países de la región para ciudadanos con poca escolaridad, suele ser más conveniente usar el método de barrido manual. No obstante, hay excepciones: las vías de tránsito rápido e intenso, los túneles y los viaductos representan un gran riesgo para el barrido manual. En esos casos, es aconsejable verificar la posibilidad de usar el barrido mecánico.

En lugares turísticos y en el centro de las ciudades, se pueden usar barredoras pequeñas, que producen un impacto positivo en la opinión pública puesto que llaman la atención por el esfuerzo y los recursos invertidos por la municipalidad en la limpieza urbana.

Las principales barredoras usadas en el barrido mecánico son: minibarredora; barredora mecánica con sistema de aspiración; barredora mecánica sin sistema de aspiración; barredora mecánica de gran tamaño y miniaspiradora al vacío.

MINIBARREDORA

Máquina barredora y aspiradora autopropulsada, con dos cepillos frontales y boquillas aspersoras de agua para evitar levantar polvo.

Son máquinas usadas en el barrido mecánico de aceras, plazas, peatonales, etc. Por lo general, estas máquinas despiertan la curiosidad pública y llaman la atención de la población hacia el cuidado y la modernización del sistema de limpieza urbana, implementado por la municipalidad.



Figura 50 - Minibarroadora

BARREDORA MECÁNICA SIN SISTEMA DE ASPIRACIÓN

Máquina barredora autopropulsada de tamaño mediano, sin aspiración, con recipiente de 2,3m³, dos cepillos frontales y uno central y boquillas aspersoras de agua para evitar levantar polvo.

Se usa en el barrido mecánico de avenidas de tránsito rápido, y es una buena alternativa al barrido manual en lugares en que los barrenderos correrían peligro de ser atropellados.



Figura 51 - Barredora mecánica sin aspiración



BARREDORA MECÁNICA CON SISTEMA DE ASPIRACIÓN

Esta máquina, que tiene una capacidad de 6m³ y un sistema de aspiración por ventilador y motor auxiliar, va montada sobre un chasis con capacidad para transportar 14t de PBT. Tiene un cepillo lateral y uno central accionados por motores hidráulicos, y tiene también boquillas aspersoras para evitar levantar polvo.

BARREDORA MECÁNICA DE GRAN TAMAÑO

Máquina barredora y aspiradora autopropulsada. Tiene dos cepillos laterales y uno central, y boquillas aspersoras de agua para evitar levantar polvo.

Esta máquina se usa en las operaciones de barrido mecánico de túneles, viaductos, vías públicas de gran extensión y tránsito intenso. Cuando el recipiente de residuos está lleno, puede ser vaciado directamente en la caja de un camión volquete operando en conjunto, a fin de evitar el desplazamiento de la barredora para vaciar su carga en el lugar de trasbordo.



Figura 52 - Barredora mecánica de gran tamaño

MINIASPIRADORA AL VACÍO

Aspirador de pequeño tamaño que, por medio de un tubo flexible manejado por el operador, succiona detritos. Máquina usada en la limpieza de ciclovías, aceras y parques.



Figura 53 - Miniaspiradora al vacío

10.3.2 Servicios de desmalezamiento y raspado

Cuando no se barre regularmente o cuando la lluvia acarrea detritos hacia las calles pavimentadas, se acumula tierra en las cunetas en la que crecen malezas y hierbas dañinas.

En estos casos se hace necesario realizar servicios de desmalezamiento y raspado de la tierra de las cunetas, para restablecer las condiciones de drenaje y evitar el mal aspecto de la vía pública.



Figura 54 - Desmalezamiento



Por lo general esos servicios se ejecutan con azadas de 3½ libras, muy afiladas, y los residuos se retiran usando palas cuadradas u horquillas de cuatro dientes. Cuando la tierra está muy compactada, es usual la utilización de azada o zapapicos para rasparla. Para raspar barro, se usa la rasqueta. Para retirar los residuos se pueden usar carretillas, bolsas de plástico, contenedores de plástico o cajas estacionarias.

Se pueden usar rastrillos para completar el desmalezamiento y escobas para terminar la limpieza. Es importante que, conjuntamente con el desmalezamiento y el raspado, se ejecute la limpieza de los sumideros que, por lo general, están obstruidos cuando las cunetas están cubiertas de tierra y maleza.

Cuando la cantidad de tierra es muy grande, usualmente en calles cercanas a taludes, después de lluvias intensas, para hacer el raspado se usan palas mecánicas de pequeño o gran tamaño, dependiendo de la cantidad de residuos y de las condiciones de acceso y del espacio para maniobras.

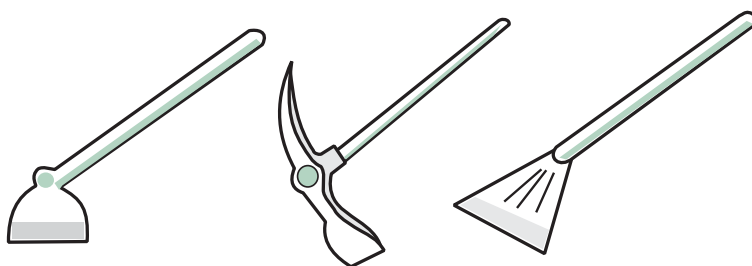


Figura 55 - Azada, zapapico y rasqueta

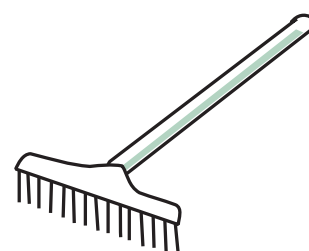


Figura 56 - Rastrillo

Tipos de desmalezamiento

El método operativo del desmalezamiento puede ser manual o químico. Las principales ventajas y desventajas de cada uno de los métodos son presentadas a seguir:

Manual

- usa mano de obra no calificada;
- método sencillo y conocido;
- implica menores riesgos al medio ambiente, generalmente asociados a procesos erosivos por la extracción inadecuada de la vegetación;
- máquinas y herramientas fáciles de obtener y manejar;
- la ejecución consume más tiempo;
- requiere gran cantidad de obreros.

Químico

- la ejecución consume menos tiempo y requiere menos obreros;
- facilita la remoción de la vegetación (se seca rápidamente);
- cuando es bien ejecutada (con técnicas y productos adecuados) implica poco riesgo al medio ambiente;
- exige mano de obra calificada;
- método específico y restrictivo en muchos casos, es siempre un método auxiliar del desmalezamiento manual;
- pone en riesgo el medio ambiente si se lo ejecuta sin cumplir los requisitos técnicos;
- máquinas y herramientas requieren diversos cuidados de manejo, limpieza y mantenimiento.

Planificación del desmalezamiento

La primera tarea del planeamiento consiste en determinar el tipo de desmalezamiento: manual o químico. La decisión se toma en función de las características de cada área específica, y lo más usual es el uso del desmalezamiento manual.

El desmalezamiento químico se hace con herbicidas que deben usarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante y obedeciendo las restricciones legales y ambientales pertinentes, siempre bajo la orientación de un profesional especializado.

Estas técnicas deben usarse solo como medio auxiliar y complementario del desmalezamiento manual y, cuando adoptadas, observar rigurosamente las restricciones y exigencias legales y las instrucciones que constan en la etiqueta de los productos.

10.3.3 Servicios de siega

Los servicios de siega son necesarios cuando el pasto y la vegetación están crecidos; pueden hacerse de forma manual o mecánica.

El método manual usa herramientas tales como guadañas y tajamatas que también sirven para cortar ramas de árboles. Para el corte manual del pasto se usan rozones.

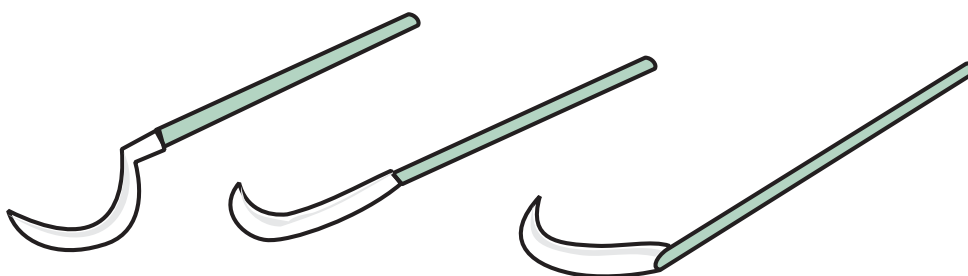


Figura 57 - Guadaña, tajamata y rozon



Se pueden usar rastrillos para completar el desmalezamiento. El corte manual de la vegetación y de hierbas dañinas con hoces o guadañas no tiene buen resultado en lo que respecta a la calidad y la productividad (solo unos 100m² por obrero por día).



Figura 58 - Siega manual

En la siega mecánica se usan máquinas tales como mochila segadora, segadora lateral, tractor segador, tractor segador con brazo lateral y tractor agrícola con segadora.

Actualmente existen segadoras mecánicas portátiles (que los obreros cargan en las espaldas) y segadoras montadas en tractores pequeños, medianos y grandes, que ejecutan el corte con buena calidad y gran productividad.

Las segadoras portátiles son indicadas para terrenos accidentados y lugares a los que las segadoras de mayor tamaño tienen dificultad de acceso. El rendimiento es de aproximadamente 800m² por máquina por día.

Las segadoras acopladas a tractores son indicadas para terrenos relativamente planos, y su rendimiento es de entre 2.000 y 3.000m² por máquina por día. Para limpiar las banquetas de carreteras se pueden usar segadoras con brazos articulados montadas lateralmente en tractores agrícolas.



Figura 59 - Segadora portátil (mochila)



Figura 60 - Segadora acoplada a tractor

Es conveniente juntar siempre durante el mismo día del corte la vegetación cortada y los residuos (que invariablemente aparecen), usando escobas de acero o rastrillos. Los residuos deben ser embolsados y la vegetación cortada puede ser amontonada en espera de la recolección, que no debe demorar más de dos días, para evitar que se prenda fuego o se desparramen los residuos. Para juntar y retirar los residuos se deben usar horquillas de entre cuatro y diez dientes y escobas metálicas.

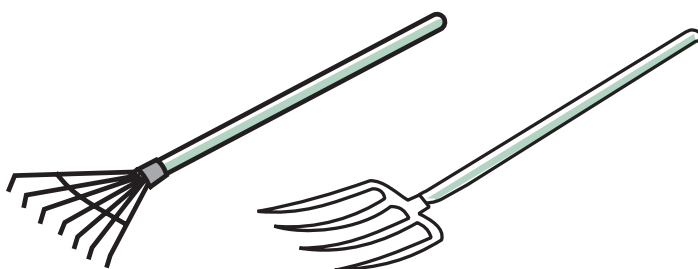


Figura 61 - Escoba metálica y horquilla de cuatro dientes

Equipos mecánicos para la siega de vegetación

Los equipos mecánicos más utilizados son: la segadora; la motosierra; el brazo segador; el microtractor cortador de césped, la segadora remolcable y la trituradora de ramas estacionaria o remolcable.

Segadora

Máquina accionada por un motor de gasolina, cuya rotación es transmitida a la cabeza de corte a través de un cable flexible y que pesa unos 11 kilos. El corte puede hacerse usando una cuchilla, un disco o un hilo de nailon, según el tipo de vegetación. El hilo de nailon es más indicado para vegetación delgada y césped y como bordeadora, mientras que el disco dentado y la cuchilla son apropiados para malezas y arbustos en crecimiento, como el panizo verde (*Panicum maximum*). Su vida útil es corta, solo



de aproximadamente unas 2.000 horas, una vez transcurridas el costo de mantenimiento es excesivamente alto.

Se deben tomar precauciones respecto al aislamiento del área que rodea el lugar de trabajo debido a que las cuchillas, que giran a gran velocidad, pueden arrojar objetos tales como pequeñas piedras que se encuentren debajo de la vegetación con el riesgo de causar lesiones a personas o animales.



Figura 62 - Mochila segadora



Figura 63 - Motosierra

Motosierra

Herramienta accionada por un motor de gasolina de dos tiempos. Se usa para podar y cortar árboles o grandes ramas que se encuentren a punto de caer y provocar accidentes, principalmente luego de tormentas y vendavales.

Brazo segador

Es un brazo hidráulico con ruedas que se acopla a la parte trasera de un tractor agrícola de tamaño mediano. En el extremo del brazo hay una segadora que tiene un eje giratorio con cuchillas, accionado por un motor hidráulico. Se usa para segar áreas lineales extensas como banquinas de carreteras y taludes.



Figura 64 - Brazo segador

Microtractor cortador de césped

Es una máquina compacta, sobre ruedas, con una cuchilla central. Es indicada para cortar el césped de grandes áreas planas y parejas. Esta máquina no hace el borde, pero ofrece la ventaja de que no arroja piedras u otros objetos alrededor del área de trabajo.



Figura 65 - Microtractor cortador de césped

Segadora remolcable

Implemento remolcado por un tractor agrícola. El ancho de corte es de hasta 1,20m y es indicado para terrenos relativamente planos. Semejante al microtractor cortador de césped, esa máquina tampoco arroja piedras u otros objetos alrededor del área de trabajo.



Figura 66 - Segadora remolcable

Trituradora de ramas estacionaria o remolcable

Esta máquina es accionada por un motor diesel. Las ramas y el follaje deben ser inseridos en la trituradora y después son conducidos por un tubo a la caja de un camión volquete o un contenedor. Su uso es indicado para lugares con gran concentración de áreas verdes en los que la población poda la vegetación con mucha frecuencia.



Figura 67 - Trituradora de ramas

Regla importante aplicada a la siega mecánica:

Debe ejecutarse en un área delimitada con vallas para impedir la circulación de personas dentro del radio de acción, y con mallas de protección para evitar que las piedras arrojadas por las máquinas puedan alcanzar a personas, vehículos, u otros objetos. En cuanto al obrero, debe usar todo el EPI (equipo de protección individual) recomendado.

10.3.4 Servicios de limpieza de sumideros

El funcionamiento de un buen sistema de barrido de la vía pública disminuye significativamente el volumen de los residuos arrojados directamente o arrastrados por la correntada a las bocatormentas. Es por eso que la limpieza de las cajas de los desagües es normalmente asignada al órgano encargado de la limpieza urbana. Aún más, debido a que algunos barrenderos pueden barrer los detritos hacia las cajas de los desagües, obstruyéndolas poco a poco, por lo general son los mismos barrenderos los encargados de limpiarlas.

El primer paso de este servicio es la retirada o apertura de la reja, para lo cual se usan las llaves específicas. Si la reja estuviera atascada, se usarán palancas. El material de restauración de la carpeta asfáltica puede cubrir parcialmente las rejillas. En este caso la capa de asfalto debe ser cortada con masa y cortafrío, teniendo cuidado para no romper las rejillas. Hay que tener el mismo cuidado al trabajar en las bocatormentas y en otros tipos de sumideros de aguas pluviales.

La extracción de los residuos acumulados en las cajas de los desagües se puede hacer con azadas ya desgastadas por el uso (de modo que ya están más angostas), con azadones o con herramientas especiales en forma de concha.

Los residuos de poco peso específico (hojas y ramas) pueden ser embolsados y retirados conjuntamente con los recogidos durante el barrido. La tierra extraída de los desagües debe ser retirada en camiones volquetes.



Figura 68 - Desagüe obstruido

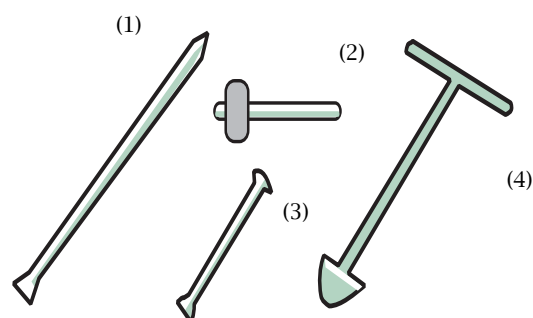


Figura 69 - Palanca (1), masa (2), cortafrío (3) y llave de desagüe (4)

Las cajas de los desagües también pueden ser limpiados por medio de las mangueras de succión de máquinas especiales (tipo *Vac-All*) y barredoras con sistema de succión al vacío.

La limpieza de la red de aguas pluviales se hace con maquinaria especial, desde las bocas de acceso al sistema de drenaje pluvial.



Figura 70 - Camión de bombeo

El camión de bombeo se usa en la limpieza urbana e industrial de cajas de desagües, bocas de alcantarillas, pozos sépticos, cajas separadoras y cloacas. La succión se hace a través de una manguera de cuatro pulgadas de diámetro accionada por ventiladores. Los modelos más comercializados tienen una capacidad volumétrica de 6, 7 y 8m³ y deben ser montados sobre chasis con capacidad para transportar 12, 14 y 16t de peso bruto total, respectivamente.

Las barredoras mecánicas con sistemas de succión cuentan, por lo general, con tubos apropiados para la limpieza de desagües.

Se considera prioritaria la limpieza de las cajas de los desagües de áreas que suelen anegarse cuando llueve con intensidad.



10.3.5 Servicios de limpieza de ferias

En la mayor parte de los países de América Latina y el Caribe suelen organizarse ferias libres o mercados populares instalados en la vía pública para la comercialización, especialmente, de legumbres, verduras, frutas, pescados y otros géneros alimenticios, concurridas por mucha gente y que generan gran cantidad de residuos.

Es necesario, por consiguiente, planificar ademadadamente las actividades de limpieza a fin de mantener las ferias limpias desde que comienzan a funcionar hasta el desmontaje de los puestos.

La limpieza de las ferias se hace de forma manual, y la cuadrilla se cuantifica en función del tamaño de la feria, es decir de la cantidad de puestos, y de la concurrencia.

Independientemente del apoyo dado a la limpieza de la feria, es imprescindible que la municipalidad tome medidas firmes para que los puesteros mismos se encarguen de proveer medios que eviten que se arrojen residuos a la vía pública y mantengan recipientes para acondicionar desechos al lado de sus propios puestos.

En ferias de mayor tamaño, durante el período de funcionamiento, se pueden mantener obreros que recojan, con carritos manuales de recolección con el interior revestido con bolsas de plástico, los residuos producidos por los puesteros y clientes. Las bolsas con residuos pueden depositarse en un punto de concentración adyacente a la feria, en un lugar estudiado para que produzca el mínimo trastorno posible a la población y que facilite la recogida por el vehículo recolector.

Siempre que sea posible, se debe dar preferencia al uso de cubos contenedores de plástico con ruedas y tapa, con capacidad de 240 litros para acondicionar los residuos producidos a lo largo del horario de funcionamiento de la feria. Especial atención debe ser dada a los puestos de venta de pescado, pollos y gallinas y carne de cerdo.



Figura 71 - Cubos contenedores posicionados cerca de una feria

Cuando se levanta la feria, una cuadrilla más numerosa, de entre cuatro y ocho obreros, se encarga del barrido y la limpieza del área. En esta tarea se deben usar escobillones de barrendero, palas cuadradas y escobas para levantar los residuos. En algunas ciudades se usan también rastros grandes de madera como herramienta

auxiliar. La retirada de los residuos estará a cargo de un camión recolector compactador o un camión porta contenedores metálicos.

Una vez barrida, la vía pública debe ser lavada usando un camión cisterna, con chorro de agua a presión, con mayor cuidado en el lugar en que estaban los puestos de venta de pescado, donde se debe aplicar una solución desinfectante y desodorante, incluso en los desagües.

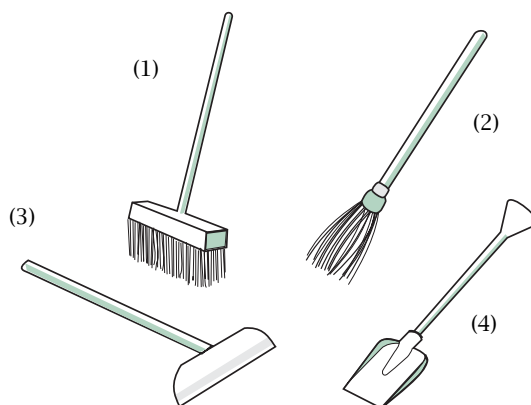


Figura 72 - Escobillón de barrendero (1), escoba (2), rastro de madera (3) y pala cuadrada (4) usados en la limpieza de ferias

10.3.6 Servicios de retirada manual y mecánica

En muchas ciudades con grandes áreas baldías es común que se arrojen residuos de forma irregular a lo largo de la vía pública. Los terrenos baldíos no cercados y las áreas públicas abandonadas, en combinación con un servicio de limpieza urbana deficiente, genera lo que se llama “punto de acumulación de residuos”.

Muchas veces, la acumulación comienza con escombros de obras arrojados en ese lugar y, como “la basura atrae más basura”, allí comienzan a depositarse restos de poda, neumáticos viejos, restos de embalajes y residuos orgánicos. Más tarde se suma la maleza y las hierbas dañinas, y este cuadro propicia la obstrucción del drenaje y tiene graves consecuencias en las condiciones sanitarias y ambientales.

Para enfrentar este tipo de problema, el servicio de limpieza debe establecer una metodología operativa específica, puesto que el tema abarca, además de actividades de limpieza (desmalezamiento y siega), la retirada de todo tipo de residuos acumulados en estos lugares. Estas tareas requieren máquinas y herramientas adecuadas a cada tipo de residuo, no solo para las labores de limpieza, sino también para la recogida y transporte hasta el destino final, lo que sobrecarga el sistema con costos de operación más altos debido al personal y maquinaria extras requeridos para resolver estos casos.

Este tipo de actividad se denomina comúnmente retirada, y puede ser manual o mecánica.

La retirada a granel de desechos tales como residuos públicos comunes, tierra y escombros, puede ser hecha manualmente con palas cuadradas, levantando los residuos y depositándolos directamente en la caja de camiones volquetes, o en contenedores metálicos que más tarde serán retirados por los camiones con las



grúas apropiadas. Para retirar los restos de vegetación se usa una horquilla de cuatro dientes. La horqueta de tres o cuatro púas, sirve para separar el montón de residuos acumulados a fin de facilitar su manipulación y transporte.

En casos en que hay grandes cantidades de residuos y, especialmente, cuando se deben retirar muchos escombros o tierra, es recomendable usar cargadores frontales sobre ruedas (palas mecánicas).



Figura 73 - Pala mecánica en plena tarea

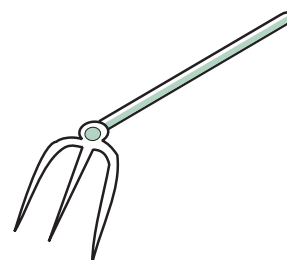


Figura 74 - Horqueta de tres púas

10.3.7 Servicios de limpieza de las playas

Se debe mantener limpia la arena de la playa, a través de varias medidas que se complementan entre sí.

La primera y más importante de ellas es evitar que se ensucie, instalando cestos y otros recipientes tanto en la arena como en las aceras que la bordean a fin de que los frequentadores depositen allí los desechos. Al mismo tiempo, todos los veranos, se deben realizar campañas de concienciación a fin de incentivar el uso de los contenedores para depositar los residuos de la playa. Si fuera imposible disponer de recipientes especiales, se puede recurrir a sistemas alternativos para el depósito de desechos como, por ejemplo, la colocación, a lo largo de la faja de arena, de anillos de hormigón revestidos con bolsas de plástico.

Una vez asumidas esas premisas básicas, se debe encarar la planificación de la ejecución de los servicios, centrada, principalmente, en los siguientes puntos:

- la frecuencia de la limpieza de la playa debe ser definida de forma tal que esté permanentemente aseada y en condiciones de ser usada por los ciudadanos;
- los horarios deben ser compatibles con las actividades de la playa para no desalentar a los usuarios;
- la mano de obra se calculará en función de la superficie asignada, de la frecuencia definida y del índice de productividad establecido u obtenido en la práctica por medio de mediciones en campo;

- el servicio puede ser organizado para ser ejecutado en sectores definidos o en toda la extensión de playa asignada.

La forma de ejecución del servicio de limpieza de la playa puede ser manual o mecánica.

La limpieza manual superficial debe ejecutarse, idealmente, al final de cada día de sol, con rastrillos de alambre (por lo general, de 20 a 25 dientes, con una separación de 1cm, para juntar los desechos), horquillas de 10 dientes y cestos de malla de plástico, bolsas de plástico y contenedores para acarrear los residuos hasta un vehículo compactador o volquete, que acompaña el progreso de la cuadrilla de limpieza.

El índice de productividad de la mano de obra es variable y depende de diversos factores, tales como los hábitos de los usuarios y la disponibilidad de equipamiento urbano para disposición de los desechos. Se puede establecer un promedio de 1.000m² por hora y por hombre, como valor inicial.

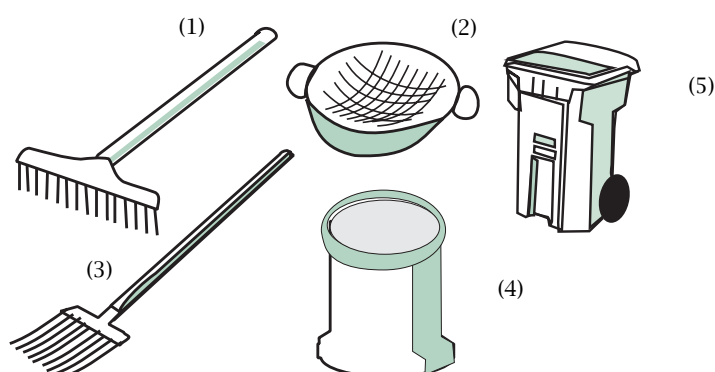


Figura 75 - Rastrillo de alambre (1), cesto de malla de plástico (2), horquilla de 10 dientes (3), anillos de hormigón con bolsas de plástico (4) y contenedores (5)



Figura 76 - Contenedores para residuos



Figura 77 - Recogida manual de los residuos de la playa



Figura 78 - Transferencia de los residuos de la playa del acoplado remolcado por tractor al camión



Figura 79 - Limpieza manual de una playa

La limpieza mecánica es indicada para playas con gran cantidad de residuos y faja de arena de gran extensión. En esos casos, se usan máquinas específicas remolcadas por tractores agrícolas, cuya productividad es de unos 10.000m² por hora.

En playas muy anchas (faja de arena de más de 30 metros de ancho) se pueden usar tractores agrícolas, con tracción en las cuatro ruedas, con acoplados para acompañar la cuadrilla de limpieza a lo largo de la playa y acarrear los residuos hasta el camión que circula por la calzada que bordea la playa. Este tipo de limpieza recoge los desechos de mayor tamaño, pero deja palillos y palitos de helados, pajitas, puchos y restos de comida.

En períodos de baja estación, las playas deben ser limpiadas con máquinas que revuelvan la arena y la hagan pasar por una criba vibratoria, a fin de recoger los desechos de menor tamaño y producir un efecto bactericida por la exposición de las capas inferiores de arena a la luz del sol. En este caso, se usan máquinas de limpieza de playas, remolcadas por un microtractor con tracción en las cuatro ruedas y una potencia máxima de 60HP. El accionamiento de la máquina es totalmente mecánico. Se revuelve la arena hasta una profundidad máxima de 20cm, se la criba, se la airea y se la devuelve a la playa. La malla de la criba varía de acuerdo con las características de la playa.



Figura 80 - Limpieza mecanizada de playas

En playas muy concurridas se puede analizar la posibilidad de cambiar la arena de la franja no alcanzada por la marea por arena bañada por el mar, que es más limpia. Ese movimiento debe hacerse con tractores topadores y palas mecánicas, luego de un estudio ambiental a cargo de especialistas.

10.4 Cómo reducir los desechos en la vía pública

Se puede reducir la cantidad de residuos sólidos en la vía pública, por medio de:

- pavimento liso y con declive adecuado de la calzada, las cunetas y las aceras;
- dimensionamiento y mantenimiento adecuados del sistema de alcantarillado de aguas pluviales;



Figura 81 - Aceras y cunetas lisas facilitan la limpieza



Figura 82 - Cunetas desparejas dificultan la limpieza

- arborización con especies que no pierdan las hojas en gran cantidad, varias veces por año;
- instalación de cestos para papeles en las calles de mayor circulación de peatones, en las esquinas, paradas de autobuses y al frente de bares, confiterías y supermercados;



Figura 83 - Cestos para papeles



- barrido regular y retirada de puntos de acumulación de residuos (“la basura atrae más basura”, mientras “la limpieza promueve la limpieza”);
- campañas de motivación ciudadana, relacionadas con el mantenimiento de la limpieza;
- implementación de dispositivos legales que establezcan sanciones a los ciudadanos que desobedezcan las reglas relativas a la limpieza urbana.

Como se puede observar, varios de los procedimientos están relacionados con los aspectos urbanísticos, que pueden y deben ser tenidos en cuenta por los órganos competentes de cada municipalidad, cuando se trata del planeamiento de proyectos de mejora urbana.



Figura 84 - Plaza sucia

El aspecto sucio y abandonado de la plaza es realzado por los llamados "residuos blancos", compuestos por papeles, material plástico y envases.

Por lo general, esto no sucede en vías públicas bien cuidadas y conservadas, en las que se observa que los frequentadores tienen mayor cuidado y arrojan menos basura al piso.

No se debe permitir que los establecimientos comerciales barran los desechos hacia la vía pública. Se debe multar a los que insistan en hacerlo, para lo cual la municipalidad debe contar con una estructura adecuada de fiscalización.



Figura 85 - Desechos barridos hacia la vía pública

10.5 Limpieza de la vía pública de ciudades turísticas

Como sucede con la recolección domiciliar de residuos, la afluencia de turistas a una determinada ciudad plantea graves problemas a la limpieza de la vía pública, principalmente respecto al barrido y, en el caso particular de las ciudades costeras, respecto a la limpieza de las playas.

El primer problema es resultado del incremento demográfico y del consecuente aumento de la demanda de servicios públicos. Un ejemplo muy ilustrativo es que hay más gente circulando por la vía pública y generando residuos en cantidad y en horarios completamente diferentes de los habituales en la rutina normal de la ciudad.

Otro aspecto que también dificulta los servicios es que el turista, por lo general, no está familiarizado con la rutina operativa de la limpieza de la ciudad y, muchas veces, no hace lo que le corresponde (en calidad de usuario) en cooperación con el órgano que presta el servicio, a fin de mantener la ciudad limpia.

También hay cuestiones culturales y de buenas maneras, ya que algunos turistas, debido a que no viven en la ciudad, no tienen cuidado de no ensuciar la vía pública. Ellos arrojan residuos en cualquier lugar dejando de cumplir las buenas normas de conducta y los reglamentos vigentes. Sin embargo, es ese mismo turista el que difícilmente regresará a la ciudad si la considera sucia o mal cuidada.

En lo que respecta al barrido, las medidas que deben implementarse para mantener la calidad de la limpieza de las vías públicas son:

- ampliar los horarios de trabajo (horas extras) de algunas rutas de barrido existentes, a fin de responder a la mayor demanda temporal de servicios, teniendo en cuenta los límites impuestos por la legislación laboral;
- redimensionar las rutas existentes, aumentando el número de turnos de barrido y contratando funcionarios extras en régimen temporal.



Figura 86 - Ejemplo de uso del contenedor tipo “Molok”



También, es importante incrementar y mantener contenedores y papeleras estratégicamente posicionados al largo de las calles, en plazas y otros locales públicos, para permitir el descarte facilitado de los residuos. Todavía, es fundamental observarse el aspecto estético de la instalación de estos sistemas y su integración con el paisaje.

En el caso de las ciudades turísticas costeras, el problema es aún más difícil de encauzar debido a que la limpieza de las playas es un servicio que, con raras excepciones, no cuenta con cuadrillas propias, es complicado y de difícil automatización y requiere gran cantidad de mano de obra. Para mejorar la ejecución de este servicio durante la temporada turística, lo más indicado es contratar una cuadrilla específica para ejecutar la limpieza de la arena y de toda el área a orillas del mar, y equiparla con todas las herramientas necesarias para la ejecución del servicio. La ampliación de la jornada de trabajo y la reasignación de tareas a los empleados que ejercen otras actividades, generalmente no son factibles y suficientes para solucionar totalmente el problema.

Una medida administrativa de carácter general que la municipalidad puede tomar para paliar el problema del sector de limpieza urbana durante la temporada de mayor afluencia de turistas, es programar las vacaciones de los empleados durante los meses de baja temporada, de modo que durante los meses de mayor demanda de los servicios todo el plantel estaría disponible.

Es conveniente destacar la importancia de llevar a cabo, durante toda la temporada de afluencia de turistas, una campaña motivadora, que cuente con la participación de las empresas que se benefician con el turismo, tales como hoteles, restaurantes y casas de espectáculos. La campaña debe incentivar la población a cuidar mejor de la ciudad y orientar los visitantes a colaborar efectivamente en el mantenimiento de las condiciones de higiene y limpieza de la vía pública. Tal campaña puede y debe ser general, dirigida a toda la ciudad, pero debe concentrarse más en los barrios eminentemente turísticos y a lo largo de la orilla del mar, si fura el caso.

Recuperación de materiales reciclables





11.1 Concepto

La aprobación de políticas de conservación del medio ambiente despierta cada vez más interés entre la población por el problema de los residuos sólidos. Esto se debe a que el aumento de la cantidad de residuos generados *per capita*, fruto del modelo de alto consumo de la sociedad capitalista, no solo preocupa a los ambientalistas sino también a los gobiernos y a la población en general. La preocupación con los residuos es tanto por el potencial contaminante como por la necesidad permanente de encontrar nuevos sitios para su disposición final, sin contar con los impactos negativos del consumo irracional de los recursos naturales no renovables.

Los puntos presentados motivaron una reflexión internacional sobre los hábitos de consumo de las sociedades y la responsabilidad de las empresas, resultando en lo que se conoce como la práctica de las 4R (Reducir, Reutilizar, Reciclar y Recuperar). Este concepto establece como principio la prevención de la generación de residuos teniendo como punto de partida la reducción. Es decir, una reorientación del consumidor y de las empresas a sus necesidades y preferencias de compra, favoreciendo productos menos dañosos al ambiente y evitando el desperdicio. A pesar de la integración y jerarquía propuesta entre las 4R, el reciclaje es el que más despierta la atención de la población, principalmente por su reclamo ambiental.

La práctica de las 4R:

reducir - busca la disminución de la cantidad de envases y recipientes descartables, por medio de mudanzas de hábito de consumo. La reorientación de las preferencias del consumidor, favoreciendo productos con mayor durabilidad y con menos envases, presiona a su vez a los productores (empresas e industrias) a utilizar la menor cantidad de embalaje posible.

reutilizar - técnica de reaprovechamiento de un material o producto, sin cambiar su forma o naturaleza original. Se pueden recuperar diferentes tipos de residuos, tales como: botellas, diarios, revistas, libros y cualquier producto que permita posteriores usos.

reciclar - transformación de ciertos materiales en materia prima para procesos productivos. Para este proceso se requiere separar los residuos en el origen, en las estaciones de transferencia o en el destino final. Uno de los incentivos más importantes para reciclar es el ahorro de energía y de recursos naturales.

recuperar - se relaciona principalmente con la incineración adecuada o quema de desechos para la producción de energía y, consecuentemente conservación de combustibles fósiles.

Reducir, cuanto menos residuos mejor;

Reutilizar, maximizar o diversificar el uso de un mismo bien de consumo;

Reciclar, bienvenida cuando de la imposibilidad de reducir o reutilizar;

Recuperar, asociado sobretodo a la generación de energía.



11.2 Programas de recogida selectiva

Un aspecto relevante que se debe tener en cuenta es la implementación de programas educativos que promuevan la práctica de las 4R y estimulen el desarrollo de la conciencia ambiental y ciudadana entre la población. Estos programas, relacionados en su gran mayoría a la segregación de residuos en vistas al reciclaje pueden transformarse en instrumento de generación de ingresos y de puestos de trabajo, especialmente en los países menos desarrollados.

Ese aspecto es todavía más significativo ante la crisis social de diversas ciudades de América Latina y el Caribe que acaba por producir un gran contingente de personas que buscan en la basura el medio de sobrevivir, a través de la separación y comercialización de materiales reciclables, casi siempre en condiciones extremadamente precarias.

Los principales beneficios del reciclaje de materiales desechados (plástico, papel, metal y vidrio) son:

- la economía de materia prima no renovable;
- la economía de energía en los procesos productivos;
- la prolongación de la vida útil de los rellenos sanitarios;
- la generación de ingresos y puestos de trabajo.

El gran desafío de la implementación de programas de recogida selectiva es seleccionar un modelo que garantice la autosustentabilidad económica. Los modelos tradicionales, implementados en países desarrollados son casi siempre subsidiados por el poder público y son de difícil aplicación en países en vías de desarrollo. Sin embargo, hay que considerarse también los beneficios sociales y ambientales en estos programas.

Por consiguiente, el modelo que implica la recogida directa de materiales en la fuente generadora (residencias, oficinas, comercio e industria), llamada recogida selectiva, asociada a un programa de generación de ingresos y de puestos de trabajo es el que más está implementándose en los países de América Latina y el Caribe.

A pesar de que la escasez de recursos dificulte la implementación de estos programas, algunas municipalidades están buscando modelos alternativos adecuados a sus condiciones económicas.

A modo de ejemplo, se puede mencionar que las condiciones socioeconómicas desfavorables de gran parte de la población está propiciando la implementación de proyectos que establecen el "trueque" de materiales reciclables por géneros alimenticios a fin de aumentar el nivel de participación comunitaria.

Otro ejemplo es la institución de alianzas entre el poder público y otros organismos, como cooperativas de segregadores, para que estos últimos se encarguen directamente de la recogida de los materiales.



Entre los procesos involucrados en la separación de los materiales reciclables en la fuente generadora, se pueden destacar:

- la recogida selectiva de puerta en puerta;
- los puntos de entrega voluntaria;
- las organizaciones de segregadores.

11.2.1 Recogida selectiva de puerta en puerta

El modelo más usado en los programas de recogida selectiva consiste en la separación, por parte de la población, de los materiales reciclables desechados que son recolectados por vehículos específicos en cada unidad habitacional, de forma similar a la recolección convencional de residuos domiciliarios.



Figura 87 - Recogida selectiva con camión compactador



Figura 88 - Recogida selectiva con camión sin compactación

La separación de los materiales reciclables en los hogares puede ser hecha de dos formas: identificando y separando los diferentes tipos de materiales reciclables y acondicionándolos en contenedores individuales, o agrupando todos los tipos de materiales reciclables en un único contenedor.

El sistema en el que se separan los diferentes tipos de materiales reciclables requiere amplias áreas para el depósito de los contenedores, uno para cada tipo de material reciclable, lo que lo hace más difícil en departamentos o en casas pequeñas. Además, este modelo requiere que el camión recolector tenga caja compartimentada para transportar los materiales separadamente.

El otro modelo, de uso mucho más usual, es el que la población separa los residuos domiciliarios en dos grupos:

- **materiales orgánicos (húmedos)** - incluyen restos de alimentos y materiales no reciclables (desechos), que deben ser acondicionados en un contenedor específico y recogidos por el sistema regular de recolección de residuos domiciliarios;
- **materiales reciclables (secos)** - papel, metal, vidrio y plástico, que deben ser acondicionados en un contenedor específico y recogidos por el sistema de recogida selectiva.

En la mayor parte de las ciudades en que el sistema está implementado, la recogida selectiva puerta a puerta se puede hacer semanalmente usando camiones de caja abierta. El intervalo más prolongado de la recogida selectiva se justifica por el carácter inerte del material reciclable.

Una vez recolectados, los materiales reciclables deben ser transportados a una planta de segregación, equipada generalmente con mesas, en las que se separan los materiales por tipo, con miras a su comercialización.

Las plantas de segregación deben contar también con prensas para que los materiales de menor peso específico (papel y plástico) puedan ser enfardados para facilitar el almacenaje y transporte.



Figura 89 - Planta de segregación de reciclables

Es importante que la población sea debidamente orientada cuanto a la correcta separación de los materiales que puedan ser comercializados a fin de evitar los gastos con el transporte y manipulación de los desechos que se producen durante el proceso de selección por tipo de material y en el enfardado.

Los principales inconvenientes de la recogida selectiva de puerta en puerta son el aumento de los gastos con transporte en función de la necesidad de disponer de



camiones específicos de recolección y el alto costo unitario de esta recolección, en comparación con la recolección convencional.

Antes y durante la implementación de la recogida selectiva, el poder público debe incentivar permanentemente la participación de la población, a través de campañas de incentivo y de educación ambiental. Por lo tanto, el proyecto tiene que prever los recursos necesarios para el desarrollo de esas actividades, fundamentales para mantener el nivel de participación de la sociedad.

La recogida selectiva no es rentable cuando la municipalidad usa vehículos, mano de obra y estructura propios. Lo ideal es que el poder público se limite a normalizar, regular e incentivar el proceso, sin participar directamente de la operación. Como incentivo, podría invertir en galpones y equipos, como prensas de enfardar, trituradoras, lavadoras etc., para agregar valor a los materiales reciclables.

Por otro lado, un sistema de recogida selectiva en el que no interviene la municipalidad de forma directa, sino que da prioridad a alianzas con la comunidad para su puesta en práctica, implica en beneficios económicos importantes para el servicio de limpieza urbana, puesto que, además de la disminución de los costos, los materiales reciclables previamente separados no necesitarán ser recolectados, transferidos y depositados en el relleno, lo que reduce el trabajo y los costos de la municipalidad.

11.2.2 Puntos de entrega voluntaria (PEV)

Emplazamiento de contenedores o recipientes en lugares públicos para que la población, de forma voluntaria, deposite los desechos reciclables separados en su vivienda.

Los organismos públicos suelen normalizar los procedimientos para facilitar la organización y participación de la sociedad en estos programas. Es el caso, por ejemplo, de la definición del código de colores de los diferentes tipos de residuos, que debe ser usado en la identificación de contenedores y camiones recolectores, así como en las campañas educativas sobre la separación de residuos, como se muestra en la tabla 15 sugestiva:

Tabla 15

Código de colores de los residuos sólidos reciclables	
Color del contenedor	Material reciclable
Azul	Papel y cartón
Rojo	Plástico
Verde	Vidrio
Amarillo	Metal
Marrón	Residuos orgánicos

Fuente: Resolución n° 275, de 25/4/2001 del CONAMA .

La instalación de PEV puede hacerse a través de alianzas con empresas privadas que pueden, por ejemplo, financiar la instalación de los contenedores y usar el espacio publicitario del emplazamiento.

Algunas municipalidades están estableciendo alianzas con industrias recicladoras que financian totalmente la implementación de los contenedores y la recolección de los materiales depositados en ellos.

Respecto a la instalación de PEV en lugares turísticos, se debe tener en cuenta los elementos de comunicación presentes en los contenedores. Para superar el obstáculo representado por el idioma, se recomienda usar imágenes que indiquen el lugar correcto de acopio de cada tipo de material reciclable.

También aquí se debe observar la importancia de remoción regular de los materiales en estos PEVs para evitarse la acumulación irregular de basura en el área donde esté localizado.



Figura 90 - Modelo de contenedor especial para PEV



Figura 91 - Ejemplos de PEVs



11.2.3 Organizaciones de segregadores

El surgimiento de un gran número de organizaciones de segregadores en América Latina y el Caribe en las últimas décadas es reflejo, no solo de una crisis socioeconómica por que pasan muchos de esos países, como también representa una capacidad de articulación y organización de los segregadores, todavía tímida, pero que ha crecido bastante⁴.

A pesar de los avances, las condiciones de trabajo de la gran mayoría de los segregadores sigue muy precaria, muchos de ellos trabajando sin ningún apoyo ni reconocimiento.

La mejoría de las condiciones de trabajo de esta parcela de la población depende, en gran parte, de una visión articulada y comprometida de diversas instituciones que resulten en la elaboración e implementación de políticas públicas efectivas.

A ese respecto, muchas municipalidades tratando de imprimir un carácter social a sus programas de recogida selectiva u presionadas por los propios grupos de segregadores establecen algún tipo de acuerdo o alianza con estas cooperativas que se hacen cargo de la recolección y selección de los materiales reciclables desechados.

Las principales ventajas del uso de organizaciones de segregadores son:

- generación de ingresos y puestos de trabajo;
- rescate de la ciudadanía de los segregadores, que son en su mayor parte habitantes de la calle;
- reducción de los gastos con los programas de recogida selectiva;
- organización del trabajo de los segregadores a fin de evitar el desorden en la recolección de residuos y de acopio de materiales en la vía pública;
- reducción de los gastos por el sistema de limpieza urbana de la ciudad con la recolección, transferencia y disposición final de los residuos, debido a la recogida de parte de los residuos generados por los segregadores.

Este ahorro debe ser revertido a las organizaciones de segregadores en forma de inversiones en infraestructura (galpones de separación y acopio, carros normalizados, prensas, elevadores de fardos, uniformes), de modo que se valoricen los productos separados en el mercado de reciclables.

Es importante que las municipalidades que adopten este modelo ofrezcan apoyo institucional a la organización de los segregadores, principalmente en lo que respecta a la cesión de espacio físico, asistencia jurídica y administrativa para la legalización y, como ya se ha mencionado, a la provisión de equipos básicos, tales como prensas enfardadoras, carritos, etc. También, el apoyo para capacitación de sus miembros es necesario para mayor autonomía del grupo.

Uno de los principales factores que garantizan el fortalecimiento y el éxito de una organización de segregadores es la comercialización rentable de los materiales reciclables. Los precios de venta serán más altos cuantos menos intermediarios haya

4. Segregadores de diversos países latinoamericanos se reunieron para definir estrategias de actuación conjunta en el primer y segundo Congreso Latinoamericano de Catadores de Materiales Reciclables, que ocurrió en Brasil en 2003 y 2005.

en el proceso hasta el consumidor final, que es la industria de transformación. Es fundamental que se cumplan las siguientes condiciones:

- buena calidad de los materiales (selección por tipo de producto, baja contaminación por impurezas y formas adecuadas de embalaje o enfardado);
- escala de producción y de acopio, puesto que, cuanto mayor sea la producción o la cantidad a disposición del comprador, mejor serán las condiciones de venta;
- regularidad de la producción y entrega al consumidor final.

Estas condiciones raramente serán alcanzadas por pequeños grupos, de modo que la organización de centrales de comercialización es una buena alternativa para negociar en mejores condiciones directamente con las empresas transformadoras.

Es importante que el poder público, después de la implementación de una organización de segregadores, continúe ofreciendo apoyo institucional, de forma que se suplan las necesidades básicas que pueden perjudicar el buen desempeño del grupo, especialmente al iniciar sus operaciones.

Entre las principales medidas que deben ser tomadas en apoyo de las organizaciones de segregadores, se destacan:

- apoyo administrativo y contable, con la contratación de un profesional especializado en gestión que capacite al grupo;
- implementación de un programa de asistencia social que atienda a los segregadores y a sus hijos;
- provisión de uniformes y equipos de protección individual;
- implementación de cursos de alfabetización y capacitación para los segregadores;
- implementación de programas de recuperación de dependientes de sustancias químicas;
- implementación de programas de educación ambiental para los segregadores.



Figura 92 – Segregadores de una cooperativa trabajando en la calle



Durante la fase inicial, teniendo en cuenta la poca experiencia de los directivos de las organizaciones, el poder público podrá también ayudar en la comercialización de los materiales reciclables. Si hubiera dificultades, en función de las variaciones del mercado comprador, es recomendable que el grupo cuente con un pequeño capital circulante, de forma que se garantice ingresos mínimos a los segregadores hasta que se reestablezcan mejores condiciones de comercialización.

Todas estas iniciativas y apoyos deben ser pensados desde una perspectiva de la sustentabilidad. O sea, es importante fortalecer el grupo de segregadores para que, a largo plazo, conquisten más autonomía e independencia en sus actividades.

12

Tratamiento de residuos sólidos





12.1 Concepto

Una vez recolectados y antes de ser depositados en el destino final, los residuos sólidos municipales pueden ser sometidos a procesos que produzcan beneficios técnico-operativos, económicos y sanitarios. Estos procesos, conocidos como tratamiento de los residuos, posibilitan la protección del hombre y del medio ambiente.

La meta de los tratamientos a que se someten los residuos sólidos es reducir su cantidad y potencial contaminante, transformándolos en material inerte o biológicamente estable.

Los procesos aplicados a residuos sólidos pueden ser: mecánicos, térmicos o biológicos.

Mecánicos

- **clasificación** - en función del interés económico o como paso previo a un procesamiento posterior;
- **tritución** - reduce la granulometría y el volumen de los residuos, y los mezcla y homogeniza;
- **compactación** - reduce los espacios vacíos (densifica los residuos).

Térmicos

- **incineración** - quema controlada, a alta temperatura, en equipos especialmente diseñados y con dispositivos de control ambiental;
- **pirólisis** - degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo, a temperatura inferior a la de la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético, y menos contaminación atmosférica.

Biológicos

- **aeróbico** - indicado para estabilización y compostaje. Sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor;
- **anaeróbico** - importante en la producción de metano. La degradación de los residuos es más lenta y genera ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular, inclusive algunos gases bastante malolientes y tóxicos, tal como el ácido sulfhídrico (H_2S).

El tratamiento más eficaz es el que ejecuta la población cuando está empeñada en reducir la cantidad de residuos sólidos, evitando el desperdicio, reaprovechando materiales, separando los productos reciclables en la fuente y desechando los residuos de forma correcta.



12.2 Tratamiento de residuos sólidos domiciliarios

12.2.1 Reciclaje

Se llama reciclaje al proceso que incluye: segregación de materiales de los residuos sólidos domiciliarios, tales como papeles, plásticos, vidrios y metales, venta a empresas especializadas y proceso de transformación para la industrialización de productos comercializables en el mercado de consumo.



El reciclaje ofrece las siguientes ventajas:

- conservación de los recursos naturales;
- ahorro de energía;
- economía en el transporte de los residuos sólidos y ocupación de area en el relleno (debido a que se reduce la cantidad de materiales a ser transportados al relleno);
- generación de ingresos y puestos de trabajo;
- concienciación de la población sobre los problemas sociales y ambientales.

El reciclaje ideal comienza con la separación de los residuos sólidos reciclables en los hogares, enviándose a las plantas de segregación solamente los materiales potencialmente reciclables. Esa separación previa disminuye la contaminación de los productos y, consecuentemente aumenta la productividad de las plantas.

El material reciclable segregado de los residuos sólidos ya mezclados, está sucio y contaminado, de modo que su procesamiento es más complicado y costoso.

El material reciclable contenido en los residuos domiciliarios recolectados puede ser separado en una planta de segregación a través de procesos manuales o electromecánicos, que tienen, por lo general, una eficiencia de solo el 3 al 6% en peso, dependiendo del tamaño y del grado de sofisticación de la planta.

El alto costo del procesamiento de materiales reciclables ha dado lugar a que muchas industrias no presten la debida atención al medio ambiente, es decir, que no usan tecnología limpia — que es cara — en los procesos de transformación. El proceso de transformación de material reciclable, si no se toman los debidos cuidados, puede ser sumamente pernicioso para el ambiente. En este caso, el resultado es mucho peor que si se dispusiesen los residuos en un relleno sanitario conjuntamente con el resto de los residuos domiciliarios, en donde estarían sometidos a controles ambientales más rigurosos.



Después de la segregación del material reciclable aprovechable por la industria, el resto de los residuos domiciliarios, que es esencialmente orgánico, puede ser procesado para obtener un compost de uso agrícola. Este tema se detalla en el próximo apartado.

El equilibrio gravimétrico (en peso) de las diversas fracciones de los residuos sólidos luego de ser procesados en una planta de segregación con una unidad de compostaje acoplada tiene, por lo general, el aprovechamiento expresado en el diagrama de flujo de una unidad hipotética de 1.500kg/día observado en la figura 93. Se aprecia que, del 100% de los residuos procesados, siempre que haya producción de compost, solo el 12,6% necesita ser transportado al lugar de disposición final. Además, ese material es inerte, no contaminante, puesto que el contenido orgánico residual está estabilizado, ya que la mayor parte de la materia orgánica fue transformada en compost.

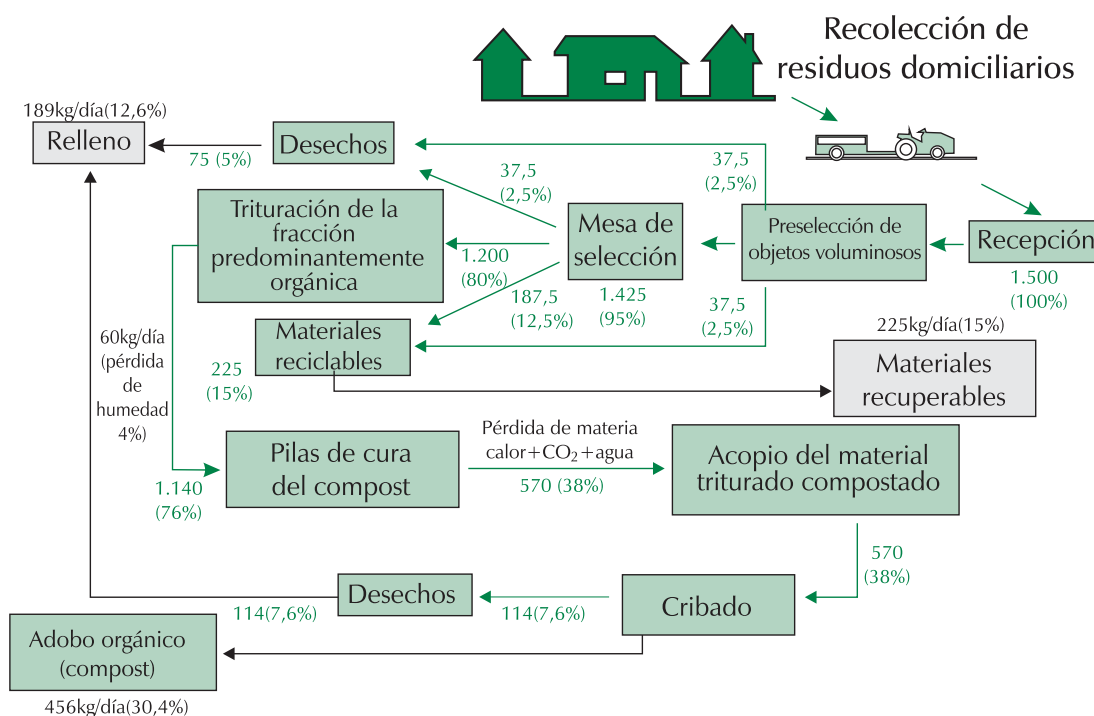


Figura 93 - Diagrama de flujo del proceso y equilibrio de la masa

Todavía, estos porcentuales están relacionados con las condiciones óptimas de rendimiento operacional de una planta de reciclaje y compostaje, o sea:

- pequeño porte de la unidad (baja cantidad de residuos a procesar), lo que posibilita la máxima eficiencia de la reciclaje manual;
- recibimiento de residuos de la recolección diferenciada de los residuos domiciliarios, evitándose la mezcla de estos con otros no reciclables, a fin de disminuir la porcentaje de desechos no recuperables;
- existencia de un mercado fuerte y diversificado para materiales reciclables, de suerte que si posibilite la comercialización de una gama bastante larga de materiales, reduciendo la parcela de desechos no recuperables.

Cuando se aumenta el porte de las unidades de reciclaje y compostaje (ciudades mayores), hay tendencia de queda de los niveles de recuperación de reciclables y de incremento de materiales desechables presentes en la masa de residuos a tratar, el que resulta consecuentemente en mayor producción de desechos no reciclables al final del proceso.

Así, como no se consigue obtener en la práctica las condiciones óptimas en la mayoría de las situaciones, en promedio puede-se estimar la producción de desechos no recuperables en plantas de reciclaje y compostaje como siendo de la orden de 25% del peso total de basura procesada en la planta.

Evidentemente, los números definitivos son consecuencia de la composición de los residuos sólidos domiciliarios en cada ciudad, que resulta de peculiaridades locales, conforme abordado en el capítulo 5 de este Manual.

La operación de una planta de segregación y compostaje se divide en tres etapas: recepción, alimentación y selección.

Recepción

En este sector los camiones recolectores descargan los residuos sólidos domiciliarios, y se ejecutan, en secuencia, las siguientes operaciones:

- determinación del peso o del volumen por medio de una balanza y, en el caso de instalaciones de menor tamaño, a través de cálculos estimativos;
- almacenamiento de los residuos descargados en silos o depósitos de tamaño compatible con la capacidad diaria de procesamiento.

Alimentación

Incluye la carga de los residuos en la línea de procesamiento por medio de máquinas, tales como palas cargadoras, puentes grúas, pulpos y brazos hidráulicos. En las plantas más pequeñas, la alimentación puede ser manual.

En las instalaciones de mayor tamaño, se pueden usar dispositivos que permitan que los camiones descarguen los residuos sólidos directamente en las líneas de procesamiento, independizando los equipos de alimentación de los de procesamiento, de modo que, si los primeros fallan, el procesamiento no sea afectado.

Selección

En este sector se regula el flujo de residuos en las líneas de selección y se procesa la segregación por tipo del material reciclable.

Los equipos de regulación del flujo son las cintas transportadoras metálicas y los tambores mezcladores. Estos últimos son más adecuados en plantas con capacidad máxima de 10t/h por línea.



La velocidad de las cintas transportadoras de selección debe ser de 10 a 12m/min, de forma que permitan un buen desempeño de los segregadores que seleccionan el material a mano.

Los segregadores, ubicados a lo largo de la cinta de selección, al lado de canaletas o contenedores, separan al comienzo de la cinta los materiales más voluminosos (como papel, cartón y películas de plástico) para que los materiales menores (latas de aluminio, frascos de vidrio, etc.) puedan ser vistos y separados por los segregadores que se encuentran al final de la línea. Por lo general, el primer lugar de la línea de selección está ocupado por un obrero que se encarga de “rasgar bolsas” y de desparramar los residuos a lo ancho de la cinta a fin de facilitar el trabajo de los otros segregadores.

En instalaciones que cuentan con más de una cinta de selección ubicadas paralelas unas a las otras, deberán estar instaladas sobre un piso que se encuentre a una altura suficiente para permitir que en el piso inferior se instalen prensas enfardadoras y haya espacio suficiente para el movimiento de los materiales segregados.

Los diferentes procesos de selección pueden instalarse de forma independiente o asociados entre sí. Las plantas simplificadas cuentan, por lo general, solo con cintas transportadoras de selección, mientras que las plantas más completas usan otros equipos que retiran directamente los materiales reciclables o facilitan la segregación manual. Los equipos auxiliares son, por ejemplo: cribas, separadores balísticos, separadores magnéticos y separadores neumáticos.

En las plantas que procesan hasta 10t/día se puede reemplazar la cinta de selección por una mesa de hormigón, ligeramente inclinada y con protectores laterales que impiden la caída de los residuos. Estos son empujados manualmente por los segregadores hacia el extremo de la mesa con tablas pequeñas a medida que van retirando los materiales reciclables. En este tipo de planta, los residuos que llegan de la recolección son descargados junto a la cabecera de la mesa de selección y de allí son transferidos a la mesa por un obrero provisto de una horqueta u otro utensilio adecuado.



Figura 94 - Selección manual en planta de reciclaje de pequeña capacidad

Ya las plantas de reciclaje de grande capacidad tienen necesidad de utilizar un nivel de mecanización elevado para alimentar y transportar el mayor volumen de residuos al largo del flujo operacional.



Figura 95 - Selección manual en planta de reciclaje de grande capacidad

La definición del tipo de material reciclable que será objeto de separación en las plantas de segregación depende, sobre todo, de la demanda de la industria. Sin embargo, en la mayor parte de las plantas se segrega los siguientes materiales:

- papel y cartón;
- plástico duro (PVC, PEAD, PET);
- película de plástico (polietileno de baja densidad);
- botellas enteras;
- vidrio claro, vidrio oscuro, vidrio mixto;
- metal ferroso (latas de hojalata, chapas, etc.);
- metal no ferroso (latas de aluminio, plomo, antimonio, etc.).

Es necesario hacer notar que la operación de una planta de segregación solo es posible a condición de que el sistema de limpieza urbana de la ciudad haga la recolección selectiva de los residuos peligrosos, tales como los provenientes de los servicios de salud. Es indispensable evitar que ese tipo de material llegue a la planta de segregación para no poner en peligro a los obreros que manipulan los residuos. También se debe evitar la llegada de residuos provenientes del barrido de la vía pública y de la recolección de escombros porque contienen materiales que pueden dañar las máquinas.

12.2.2 Compostaje

Compostaje es el proceso natural de degradación biológica de materiales orgánicos (los que contienen carbono en su estructura), de origen animal y vegetal, por la



acción de microorganismos. Para que el compostaje tenga lugar no es necesario agregar ningún componente físico ni químico a la masa de residuos domiciliarios.

El compostaje puede ser aeróbico o anaeróbico, en función de la presencia o ausencia de oxígeno en el proceso.

En el **compostaje anaeróbico**, la degradación se hace por medio de microorganismos que viven en ambientes sin oxígeno; tiene lugar a baja temperatura, exhala olor fuerte y molesto, y tarda más tiempo hasta que la materia orgánica se estabiliza.

En el **compostaje aeróbico**, el proceso más adecuado para tratar los residuos domiciliarios, la degradación es realizada por microorganismos que solo viven en ambientes que contienen oxígeno. La temperatura puede llegar hasta 70°C, los olores producidos no son molestos y la degradación es más rápida.

El producto final del proceso de compostaje aeróbico de residuos orgánicos es el compost, un material rico en humus y nutrientes minerales que puede ser usado en la agricultura como mejorador de suelos y tiene algún potencial fertilizante.

Humus es la materia orgánica homogénea, totalmente bioestabilizada, de color oscuro y con alto contenido de partículas coloidales que, al ser aplicada al suelo, mejora sus características físicas para la agricultura.



Etapas del compostaje

El proceso de compostaje aeróbico puede ser dividido en dos etapas.

La primera, de bioestabilización, se caracteriza por la acentuada elevación de la temperatura de la masa orgánica, que llega a 65°C y más tarde se estabiliza en el rango de la temperatura ambiente al final del ciclo que, en los sistemas de compostaje natural, dura aproximadamente 60 días.

La segunda etapa es la de maduración y dura otros 30 días. En esta etapa tiene lugar la humidificación y mineralización de la materia orgánica.

Factores que influyen en el compostaje

Los residuos domiciliarios contienen naturalmente los microorganismos necesarios y en cantidad suficiente para la degradación de la materia orgánica. Si se controlan la humedad y la aireación, esos microorganismos proliferan de forma rápida y homogénea en toda la masa de residuos.

Los residuos también contienen microorganismos patógenos, como *salmonellas* y *estreptococos*. Estos agentes patógenos son eliminados por el calor generado por el proceso biológico, debido a que no sobreviven a temperaturas de más de 55°C durante más de 24 horas.

La estructura de los microorganismos que participan de la degradación de la materia orgánica está compuesta por aproximadamente el 90% de agua, por lo cual el contenido de agua debe ser controlado durante el proceso.

En el compostaje aeróbico, los microorganismos necesitan oxígeno para realizar su metabolismo. Factores como humedad, temperatura y granulometría influyen en la disponibilidad de oxígeno. La falta de oxígeno es que produce la emanación de olores molestos.

El compost se airea revolviendo el material con palas cargadoras o máquinas especiales. En unidades pequeñas, se lo puede revolver manualmente con horquetas u otros utensilios.

Durante la etapa aeróbica, cuanto más se exponga la materia orgánica al oxígeno, mayor será la velocidad de degradación. Por otro lado, cuanto más pequeñas sean las partículas, mayor será la superficie expuesta al oxígeno y, por consiguiente, más corto será el proceso de compostaje. Sin embargo, partículas demasiado pequeñas pueden compactar la masa en exceso y dificultar el proceso de aireación.

Plantas simplificadas de compostaje

Las plantas simplificadas realizan el compostaje natural, al aire libre. En estas unidades luego de la fragmentación de los residuos en un molino de martillos, se arman “pilas”. Allí permanece la masa orgánica hasta su bioestabilización, y es revuelta a una frecuencia predeterminada (por ejemplo, el tercer día a contar de la formación de la pila y, de ahí en adelante, cada 10 días hasta completar 60 días). Una vez biológicamente estable, el material se refina en una criba y está listo para ser usado en la preparación de suelos agrícolas.

El patio de las pilas de una planta de compostaje debe ser plano, estar bien compactado y, si fuera posible, pavimentado, y tener una pendiente suficiente (2%) para que escurran las aguas pluviales y los lixiviados producidos por el compostaje. Esos efluentes, que en pilas con buen manejo se producen en cantidad muy pequeña, deben ser tratados sanitariamente en lagunas de estabilización.

Al diseñar el patio, se debe prever el espacio necesario entre las pilas para la circulación de camiones, palas cargadoras y máquinas específicas para revolver las pilas. Es necesario prever, también, espacio para el acopio del compost listo para uso.

Las pilas de compostaje deben ser piramidales o cónicas, con bases de hasta 3m de lado o 2m de diámetro y de 1,50 a 2m de altura como máximo.



Figura 96 - Compostaje aeróbica en planta de pequeña capacidad



Figura 97 - Compostaje aeróbica en planta de mayor capacidad

Si la altura de las pilas es de más de 2m es más difícil revolver y airear la masa orgánica. La forma cónica facilita el escurrimiento del agua de lluvia y evita que la pila se empape.

Características del compost

Las principales características del compost producido por el compostaje de residuos domiciliarios son la presencia de humus y nutrientes minerales, y la calidad del compost depende de la menor o mayor cantidad de estos elementos.

El humus da porosidad al suelo, lo que permite la aireación de las raíces y la retención de agua y nutrientes. Los nutrientes minerales pueden llegar al 6% del peso del compost e incluyen el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro, que son absorbidos por las raíces de las plantas.

El compost puede ser usado en todo tipo de cultivo, asociado o no a fertilizantes químicos. Puede ser usado para corregir la acidez del suelo y recuperar áreas erosionadas.

Calidad del compost

Generalmente, la calidad del compost es reglamentada con base en parámetros establecidos por instituciones públicas de cada país, con la finalidad de garantizar su adecuado empleo en la agricultura.

En el Brasil, por ejemplo, para poder ser comercializado, el compost producido por las plantas de compostaje de residuos domiciliarios debe cumplir los índices mínimos establecidos por el Ministerio de Agricultura. Estos índices son presentados en la tabla 16, como valores de referencia.

Tabla 16

Índices establecidos en el Brasil para la comercialización del compost		
Parâmetro	Valor	Tolerancia
Materia orgánica	> 40%	- 10%
Nitrógeno total	> 1,0%	- 10%
Humedad	< 40%	+ 10%
Relación C/N	< 18/1	21/1
Ph	> 6,0	- 10%

El compost producido debe ser sometido periódicamente a análisis fisicoquímicos para garantizar el nivel mínimo de calidad establecido por el organismo gubernamental competente.

Una de las principales preocupaciones de los usuarios de compost es la presencia de metales pesados en concentración suficiente como para resultar perjudicial para los cultivos o el consumidor. Algunos materiales que componen los residuos domiciliarios tales como los papeles de colores, las telas, el caucho, los cerámicos, y las pilas y baterías eléctricas, contienen metales pesados. Durante la operación, las plantas de compostaje deben retirar de los residuos recibidos la mayor parte posible de estos materiales.

En la mayoría de las ciudades de América Latina y el Caribe, especialmente en las pequeñas y medianas, es poco probable que el compost producido a partir de residuos domiciliarios contenga un nivel preocupante de metales pesados, debido a las características socioeconómicas de la mayor parte de la población y, consecuentemente, al tipo de residuos generados.

12.2.3 Definición de las alternativas de tratamiento

Las plantas de segregación u compostaje son alternativas que las municipalidades deben considerar al planificar el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios que recolectan.

Sin embargo, antes de implementarla se deben verificar los siguientes parámetros:

- existencia de un servicio de recolección razonablemente eficiente y regular;
- existencia de recolección selectiva de residuos domiciliarios, públicos y de establecimientos de salud;
- existencia de mercado consumidor de reciclables y compost en la región;
- disponibilidad de área suficiente para instalar la planta de segregación y el patio de compostaje;
- disponibilidad de recursos para afrontar la inversión inicial;
- disponibilidad de personal con capacitación técnica suficiente para seleccionar la tecnología adecuada, fiscalizar la instalación de la unidad y operar, mantener y controlar la operación de la maquinaria.

Respecto a la definición de la tecnología a ser usada debese tener siempre en cuenta que cuanto más alto sea el nivel de automatización y sofisticación de la maquinaria, más altos serán la inversión inicial, los gastos de mantenimiento de la planta y menores las oportunidades de creación de puestos de trabajo.



En los países de América Latina y el Caribe, que tienen escasez de puestos de trabajo, se recomienda adoptar una tecnología que use gran cantidad de mano de obra, tal como plantas de segregación manual de materiales.

La economía del proceso debe ser evaluada por medio de un cuidadoso estudio de factibilidad económica, considerando, por un lado, las ventajas que implica la instalación de la planta (reducción de la cantidad de residuos a ser transportados y enterrados, venta de compost y material reciclable, generación de ingresos y puestos de trabajo, beneficios ambientales) y, por el otro, los costos de implementación, operación y mantenimiento.

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

La implementación de una planta de segregación u compostaje requiere la elaboración previa de un estudio de factibilidad económica de los siguientes puntos:

Inversión

- licencias ambientales;
- adquisición del terreno y legalización de la propiedad;
- proyectos de arquitectura y ingeniería;
- obras de ingeniería;
- adquisición de máquinas y herramientas;
- gastos de capital (intereses y amortizaciones) y depreciación.

Gastos

- personal (mano de obra no especializada, equipo técnico, de gerencia y administrativo);
- gastos de operación y mantenimiento;
- gastos de energía y tarifas de las concesionarias del servicio público;
- gastos en repuestos y sustitución de la maquinaria.

Ingresos

- directos
 - venta del compost y del material reciclable.
- indirectos
 - ahorro por la reducción del costo de transporte al relleno sanitario;
 - ahorro por la reducción del costo del volumen de los residuos vaciados en el relleno sanitario.

Ambientales

- ahorro de energía;
- ahorro de recursos naturales;
- reducción de la carga de residuos contaminantes en el medio ambiente.

Sociales

- oferta de empleo digno y formal a los segregadores, una vez que la participación de las organizaciones de segregadores en las plantas de segregación debe ser priorizada, siempre que posible;
- generación de ingresos;
- conciencia ambiental de la población.

Los ingresos directos difícilmente cubrirán los gastos de una planta de separación y compostaje, y su implementación no debe ser encarada como un emprendimiento industrial lucrativo desde un punto de vista estrictamente comercial. Sin embargo, se puede apreciar que el cuadro es sumamente favorable al ponderarse los ingresos indirectos, ambientales y sociales que tienen un gran potencial como productores de rendimientos políticos.

Las plantas de segregación y compostaje generan ingresos y puestos de trabajo y pueden reducir la cantidad de residuos a ser dispuesta en rellenos sanitarios o vertederos.

El ahorro de energía que se gastaría en la transformación de la materia prima y que ya está contenida en el material reciclable, y la transformación de la materia orgánica de los residuos en compost, para mejorar el suelo destinado a la agricultura, representan ventajas ambientales y económicas importantes de las plantas de segregación y compostaje.



MERCADO DE MATERIAL RECICLABLE

El mercado de material reciclable crece rápidamente y presenta índices de recuperación significativos, aunque esté también creciendo concomitantemente el nivel de exigencia de calidad.

Las empresas que trabajan con materia prima reciclada imponen tres condiciones básicas para comprar el material:

- escala de producción;
- regularidad de la provisión;
- calidad del material.

De modo que materiales clasificados correctamente, relativamente limpios y, consecuentemente, de mayor valor agregado, son más fáciles de comercializar en el mercado.

La comercialización de los productos, incluyéndose el precio de venta y el flujo de la producción, dependen de la existencia y interés de las empresas recicladoras instaladas en la región del área de influencia de la planta.



Los precios de mercado son variables y sufren la influencia directa del precio de la materia prima virgen así como de otros factores, como la demanda mayor o menor de las empresas recicladoras por algún reciclable específico en determinado período del año.

Además de buscar siempre material limpio, algunas cooperativas de segregadores trabajan para agregar valor al material reciclable y venderlo directamente a las empresas, eliminando agentes intermediarios. Este labor incluye, por lo menos, la separación y enfardado de los diversos tipos de papel y cartón, latas de aluminio y plástico duro. Es fundamental también disponer de un lugar de acopio de todos los materiales de forma de racionalizar el flete hasta el lugar en que serán industrializados, así como posibilitar la oferta de mayores cantidades de reciclables y, consecuentemente, obtener mejores precios.

12.3 Tratamiento de residuos domiciliarios especiales

12.3.1 Residuos de obras de construcción

El tratamiento de residuos de la construcción civil más usado es la segregación o limpieza, trituración y reutilización en la misma industria de la construcción.

Los escombros reciclados pueden ser usados como base y subbase de carreteras, agregado grueso en la ejecución de estructuras de edificios, obras de arte de hormigón armado y elementos premoldeados.

El reciclaje de los residuos de la construcción civil tiene las siguientes ventajas:

- reducción del volumen de extracción de la materia prima;
- conservación de materia prima no renovable;
- solución de los problemas ambientales urbanos generados por la descarga indiscriminada de residuos de la construcción en la vía pública;
- comercialización en el mercado de materiales de construcción más baratos;
- creación de puestos de trabajo para la mano de obra menos calificada.

Por consiguiente, se debe incentivar la instalación de plantas de reciclaje de este tipo de material, incluso evaluando la posibilidad de cobro de tarifas específicas para asegurar su factibilidad económica.

Tres factores se deben analizar al evaluar la implementación de una planta de reciclaje de escombros en una zona determinada, que ordenados de acuerdo a su importancia, son:

Densidad demográfica – es necesario que haya una alta densidad demográfica en la zona, para garantizar la provisión constante de residuos que servirán de materia prima para la planta de reciclaje.

Obtención de agregados naturales – la escasez o dificultad de acceso a yacimientos naturales de materia prima, favorece el reciclado de escombros, siempre que se use

la tecnología adecuada. Por otro lado la abundancia y el fácil acceso a yacimientos naturales no niegan la factibilidad del reciclado de escombros por sí mismos.

Nivel tecnológico - es necesaria la adopción de niveles tecnológicos que no degraden el medio ambiente.

Es fundamental que se instale la planta de reciclaje en una ubicación estratégica del perímetro urbano, con miras a disminuir el costo final del producto reciclado. Además, se deben estudiar las siguientes condiciones:

Respecto a la recepción

- características de los residuos sólidos (cantidad, lugar de procedencia, entidad responsable, ordenanzas vigentes, tipos y calidad);
- demolición y reforma (técnicas aplicadas, transporte del escombros);
- posibilidades de recogida y disposición final (precios, distancias, zonas ya regularizadas);
- desarrollo del proceso (posibilidad efectiva, equipo técnico, organización y maquinaria).

Respecto a la comercialización

- materia prima natural (calidad, precio, reservas);
- comercialización (tipos, consumo actual, estándares);
- materia prima reciclada (calidad técnica, cantidad, precio).

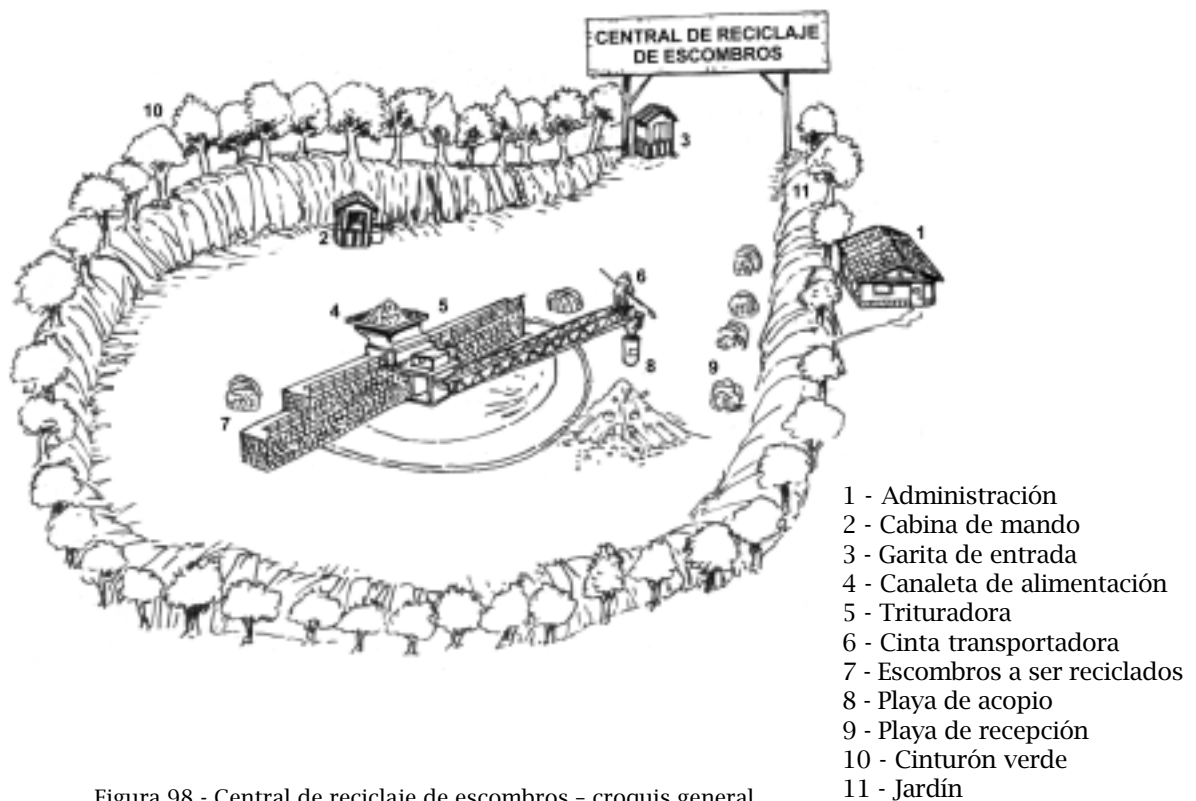


Figura 98 - Central de reciclaje de escombros - croquis general



El reciclaje de los residuos de la construcción civil puede hacerse de dos formas: automática y semiautomática.

El proceso automático consiste en una máquina robusta, de gran potencia, capaz de recibir y triturar los escombros de obra sin la separación previa de las barras de hierro que permanecen en el interior de los bloques de hormigón. Después de triturado, el material pasa por un separador magnético que retira el material ferroso, que es prensado, enfardado y comercializado. Mientras tanto, el material inerte restante pasa por una criba giratoria que segrega el material de acuerdo a sus características granulométricas.

En el proceso semiautomático se separa el hierro antes de la trituración.



Figura 99 - Vista general de una planta de reciclaje de escombros

La planta debe recibir solo residuos inertes, de modo que no hay posibilidad de liberación de contaminantes, excepto la emisión de partículas si no se adoptasen los procedimientos y dispositivos de control adecuados.

El alimentador de la trituradora debe estar equipado con aspersores de agua, a fin de minimizar la emisión de polvo, y revestimiento de caucho, para reducir el nivel de ruido y respetar los límites establecidos por los organismos de control ambiental.

Secuencia de la operación de una planta semiautomática

- los escombros traídos por los camiones recolectores son pesados en la balanza de la planta de reciclaje, y encaminados a la playa de recepción;
- en la playa de recepción es inspeccionado superficialmente por un encargado para verificar que la carga sea compatible con la máquina trituradora. Si no fuera del tipo adecuado, no se permitirá que el vehículo descargue y se lo encamina a un relleno sanitario;

- si el material fuera compatible con la maquinaria, el vehículo descarga en la playa de recepción. Allí se hace la segregación manual de los materiales inservibles, como plástico, metal y pequeñas cantidades de materia orgánica;
- en la segregación manual se usa una pala cargadora para revolver el material y facilitar el trabajo de los segregadores;
- el material segregado se clasifica en comercializable (chatarra ferrosa) y desechable (resto del material), y se depositan en lugares separados para acopio y para disposición futura;
- no se aceptan materiales de dimensiones mayores que la boca del alimentador, ni bloques de hormigón con barras de hierro embutidas, que pueden perjudicar la operación del molino y romper los martillos. En algunos casos, cuando la cantidad es pequeña, los obreros que trabajan en la playa de recepción pueden quebrar los bloques y separar el hierro;
- nunca se deben admitir materiales contaminados con gran cantidad de plástico, puesto que pueden dañar la maquinaria;
- los escombros de obras pequeñas, que normalmente llegan embolsados, son desembolsados manualmente antes de la operación de alimentación y trituración;
- una vez retirado el material inservible, los escombros son ligeramente humedecidos a través de un sistema de aspersión, de forma tal que se minimice la cantidad de polvo generado por la trituración. Luego, la pala cargadora lo coloca en el alimentador, que dosifica el material que entra en la trituradora;



Figura 100 - Planta de reciclaje de escombros - alimentador y trituradora

- del alimentador, el material pasa al molino en donde es triturado. Del triturador el material es conducido por una pequeña cinta transportadora equipada con un separador magnético, en donde se hace la separación de los residuos de hierro que pueden haber pasado inadvertidos en la segregación manual y fueron introducidos en el molino de impacto;



- luego, el material es encaminado a la criba vibratoria que separa el material según la granulometría predefinida;
- cada una de las fracciones de material es transportada a su respectiva playa de acopio por medio de una cinta transportadora convencional de velocidad constante.

Las cintas transportadoras están montadas sobre ruedas, a fin de que puedan ser desplazadas lateralmente en semicírculo en el patio de acopio. Este detalle evita que sea necesario mover las pilas de material triturado con la pala mecánica y permite el acopio ininterrumpido.

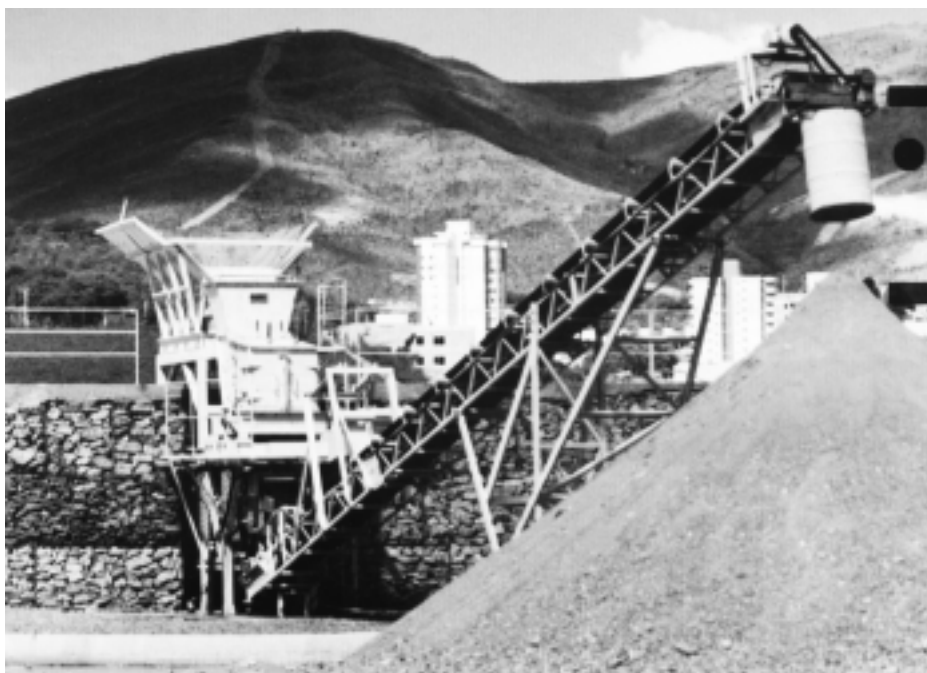


Figura 101 - Planta de reciclaje de escombros – trituradora y banda transportadora

Las ruedas deben desplazarse sobre piso cementado, calculado para soportar los esfuerzos de la cinta. La operación de desplazamiento de la cinta es manual y está a cargo de los obreros que trabajan en la playa de acopio. Se realiza cada vez que la pila de escombros triturados llega a la altura máxima permitida por la inclinación de la cinta.

En la playa de acopio se debe mantener el material siempre húmedo para evitar la dispersión de polvo y para impedir que el material sea desparramado por el viento.

Los vehículos que transportan los escombros triturados para ser aprovechados se cargan con una pala cargadora similar a la que trabaja en la playa de recepción.

Los productos de una planta de reciclaje de escombros son:

- briquetas para aceras;
- subbase y base de carreteras;
- bloques para paredes y mampostería de viviendas económicas;
- agregado fino para revestimiento;
- agregados para bocatormentas, cordón y cuneta.

Los costos que se presentan a continuación se basan en la implementación y operación de una planta de reciclaje de escombros de gran envergadura, automatizada, con una capacidad de producción de 100t/h situada a 10km del perímetro urbano:

- valor de la planta (obra civil + maquinaria): US\$ 1.091.274,33
- costo unitario de producción: US\$ 10,30/t

Por otro lado, el cálculo de los costos de implementación y mantenimiento de plantas semiautomáticas es el siguiente:

Unidad con capacidad de 120t/día:

- costo de inversión: US\$ 45.000,00
- obra civil: US\$ 25.000,00
- mantenimiento/operación: US\$ 11,50/t

Unidad con capacidad de 240t/día:

- costo de inversión: US\$ 80.000,00
- obra civil: US\$ 30.000,00
- mantenimiento/operación: US\$ 13,60/t

12.3.2 Neumáticos

El problema del desecho inadecuado de neumáticos en terrenos baldíos, cuerpos hídricos y a lo largo de la vía pública, especialmente en las áreas suburbanas de las ciudades, es un creciente foco de preocupación para las autoridades públicas, debido al grave impacto que sufre el medio ambiente.

Además, en los países de América Latina y el Caribe, dadas las condiciones climáticas y otras características particulares, el problema es igualmente preocupante desde el punto de vista de la salud pública, puesto que los neumáticos desechados de forma inadecuada se transforman en abrigo y criadero de vectores de enfermedades, debido a la acumulación de agua en su interior.

En los Estados Unidos, en donde el consumo de neumáticos es de más de un neumático por habitante/año (aproximadamente 300 millones de neumáticos por año), el tratamiento más usual es la quema en plantas termoeléctricas. Sin embargo, en función de las dificultades del proceso, se limita a no más del 5% de los neumáticos usados.

La quema de 4,5 millones de neumáticos por año en la planta de Modesto — California, cuya inversión llegó a los 100 millones de dólares, genera 15 megavatios y provee energía a 14.000 mil viviendas, al igual que la quema de 10 millones de neumáticos al año en la planta de Sterling — Connecticut, que genera 30 megavatios, tiene un costo de operación igual al doble del costo de las plantas que queman carbón.



Como la disposición en rellenos sanitarios de los neumáticos impropios para el uso es contraindicada, porque genera una serie de problemas de operación por la dificultad de manejo para enterrarlos, además de que provocan vacíos en el interior del macizo y puntos de inestabilidad en la masa de residuos, se han buscado alternativas para encauzar el problema que, hasta la fecha, carece de una solución de consenso.

En el Brasil, a mediados de los años noventa, cuando los datos indicaban una producción de 35 millones de neumáticos, este problema se puso de manifiesto. A fines de esa década el CONAMA publicó una resolución que obligaba a las empresas a cuidar de la disposición de sus desechos de producción (los neumáticos usados), dentro del principio “quien contamina paga”. La quema en los hornos de clínker de la industria del cemento fue la alternativa inmediata encontrada por los generadores. Sin embargo, no todos los hornos fueron adaptados para quemar neumáticos, y se plantearon algunas restricciones al procedimiento debido a la alteración de la calidad del cemento producido y a la emisión de gases fuera de los límites establecidos por los organismos ambientales.

A lo largo de los últimos años no cesó la búsqueda de nuevos procesos tecnológicos, como uno desarrollado en el Brasil que usa solventes orgánicos para separar el caucho del alambre y del nylon de los neumáticos para permitir su recuperación y reciclaje, muchos de los cuales no son factibles económicamente.

A pesar de esos esfuerzos, el problema se mantiene vigente y, como en otras situaciones, es la limpieza urbana la que debe hacerse cargo de los pesados gastos derivados del hábito de arrojar los neumáticos viejos en lugares despoblados de los suburbios de las ciudades, puesto que debe recogerlos para proteger las condiciones sanitarias y ambientales.

En este contexto, una iniciativa que puede servir de ejemplo a otros órganos de limpieza urbana de ciudades de América Latina y el Caribe, es la experiencia de los "econeumáticos" de la COMLURB, en la ciudad de Río de Janeiro.

Preocupada por el creciente volumen de neumáticos inservibles desechados en la ciudad, se desarrolló un estudio sobre el camino recorrido por los neumáticos desde que son adquiridos en los diferentes barrios de la ciudad hasta que son desechados, en su mayoría, en una zona periférica.

El estudio apuntó como camino para los neumáticos: fabricantes, revendedores, recuperadores y gomeros. Aquellos sin posibilidad de recuperación son desechados en terrenos baldíos y canales u son quemados.

Esa constatación llevó a las siguientes medidas: registro de todos los puntos de servicios de gomería formal e informal; implementación, en cooperación con el sector privado del ramo de los neumáticos, de los "econeumáticos"⁵, y desarrollo de un programa de información entre revendedores, gomeros, empresas de ómnibus y transportadoras de cargas para el uso de los "econeumáticos".

5. Lugares que cuentan con la infraestructura mínima necesaria para la recepción y acopio de las carcasas inservibles que, cuando alcanzan un volumen predeterminado, son encaminadas (por el sector privado) para ser recicladas.

Finalmente, es necesario destacar la necesidad de respaldar la actuación del poder público a través de ordenanzas específicas y adecuadas, que consoliden el principio de “quien contamina paga”, es decir, que establezcan la responsabilidad del fabricante y del sector de distribución por los residuos generados al desechar sus productos.

12.3.3 Pilas, baterías y tubos fluorescentes

La cantidad de pilas y baterías en la masa de residuos domiciliarios tiende a aumentar cada vez más, a medida que el uso de aparatos eléctricos y electrónicos se difunde en la sociedad moderna y tienen una participación cada vez más amplia en el cotidiano de las personas.

Es evidente que, en función de las condiciones socioeconómicas de la población, aumenta o disminuye la fracción de estos residuos en la composición de los residuos domiciliarios, puesto que aquí la relación entre consumo y desecho es directa. Por consiguiente, en los países de América Latina y el Caribe, este problema todavía no ha alcanzado proporciones preocupantes como en los Estados Unidos, el Japón y los países de Europa.

Sin embargo es necesario tomar de inmediato la iniciativa de establecer mecanismos de control de estos residuos, puesto que las pilas y baterías deberían recibir el mismo tratamiento que reciben los residuos industriales peligrosos.

Los tubos fluorescentes son un caso similar, puesto que por su alta toxicidad y por la dificultad de controlar la contaminación ambiental, deberían ser tratados del mismo modo que se manejan los residuos tóxicos.

Tanto en el caso de las pilas y baterías como en el de los tubos fluorescentes, es necesario consolidar, por medio de legislación específica, el principio de "quien contamina paga". De este modo se podría atribuir la responsabilidad del tratamiento y disposición final de estos residuos a los fabricantes, con la participación de revendedores y distribuidores en la recepción del material desechado y de la población en la separación, acondicionamiento y entrega a fin de que sean encaminados para tratamiento y disposición final.

12.4 Tratamiento de residuos de fuentes especiales

12.4.1 Residuos sólidos industriales

Es usual tratar a los residuos industriales con miras a su reaprovechamiento o, por lo menos, para dejarlos inertes.

Pero por su diversidad, no existe un proceso preestablecido y es siempre necesario investigar y desarrollar procesos económicamente factibles.



Es necesario destacar que estos residuos no deben ser objeto de control de las autoridades de limpieza urbana sino de responsabilidad de los propios generadores, las empresas fabriles, ya que se trata de residuos del proceso industrial adoptado por cada una de ellas. Esto presupone una legislación consistente y mecanismos de control eficientes para evitar que estos residuos sean desechados de forma irregular.

Reciclaje u recuperación

En general, se trata de transformar los residuos en materia prima, generando economía en el proceso industrial. Esto exige grandes inversiones con retorno imprevisible, ya que es limitado el recargo de esas aplicaciones al precio del producto, pero ese riesgo se reduce en la medida en que el desarrollo tecnológico abre caminos más seguros y económicos para el aprovechamiento de ese material.

Para incentivar el reciclaje y la recuperación de los residuos, algunos estados editan publicaciones periódicas, gratuitas, en las que la industria anuncia sus residuos en venta o donación, o los residuos que desea adquirir.

Otros procesos de tratamiento

En la práctica, los procesos de tratamiento más usuales son:

- neutralización, para residuos con características ácidas o alcalinas;
- secado o mezcla, que es la mezcla de residuos con alto contenido de humedad con residuos secos o con materiales inertes, como el aserrín;
- encapsulamiento, que consiste en revestir los residuos con una capa de resina sintética impermeable de bajísimo índice de lixiviación;
- incorporación, por medio de la cual los residuos son agregados a la masa de hormigón o de cerámica en una cantidad tal que no perjudique al medio ambiente, o pueden ser agregados a materiales combustibles, sin que generen gases nocivos al medio ambiente después de quemados;
- procesos de destrucción térmica, como incineración y pirólisis.

12.4.2 Residuos radiactivos

Todavía no existen procesos de tratamiento económicamente factibles para los residuos radiactivos. Los procesos que han sido investigados para lograr la estabilización atómica de los materiales radiactivos, aún no pueden ser utilizados en escala industrial.

Estos residuos, como ya se ha explicado anteriormente, deben estar bajo la responsabilidad de un órgano especializado de ámbito nacional, cuya actuación se apoye en normas y procedimientos de seguridad internacionales, sin ingerencia del sector de limpieza urbana.

12.4.3 Residuos de puertos y aeropuertos

Usualmente, no se usan métodos específicos de tratamiento para este tipo de residuos, a no ser en el caso de residuos generados en embarcaciones o aeronaves procedentes de regiones endémicas. En estos casos, la integración de los trabajos del equipo de limpieza urbana con los profesionales responsables de la vigilancia sanitaria es fundamental para el control sanitario y ambiental adecuado del acondicionamiento, recolección y tratamiento o disposición final de estos residuos. Se recomienda usualmente la incineración u otro tratamiento equivalente, para la fracción de residuos que presenta mayor potencial de riesgo.

En general, la mayor parte de los residuos generados en estas instalaciones tiene características similares a las de los residuos domiciliarios, y podrán ser recolectados y encaminados a las mismas unidades de disposición final.

12.4.4 Residuos de establecimientos de salud

Son muchos los procesos tecnológicos para el tratamiento de residuos de servicios de salud. Hasta hace poco tiempo, la disputa en el mercado de tratamiento de residuos de servicios de salud era entre la incineración y el tratamiento en autoclave, ya que muchos países no aceptan la disposición en pozos sépticos en los rellenos sanitarios.

Recientemente, con el progreso de la investigación en el campo ambiental, los riesgos de contaminación atmosférica provenientes del proceso de incineración dieron lugar a la exigencia de tratamientos muy caros para los gases generados y, consecuentemente, impusieron restricciones económicas a la aplicación de este proceso.

Se desarrollaron nuevos procesos tecnológicos que dieron origen a diferentes tratamientos que ya están disponibles en el mercado. Cualquiera que sea la tecnología de tratamiento a ser adoptada, tendrá que cumplir con las siguientes premisas:

- promover la reducción de la carga biológica de los residuos, de acuerdo con los niveles exigidos, es decir, eliminación del *bacillus stearothermophilus* en el caso de esterilización, y de *bacillus subtilis* en el caso de desinfección;
- cumplir las normativas establecidas por el órgano de control ambiental del gobierno, para emisión de efluentes líquidos y gaseosos;
- no descaracterizar los residuos, para garantizar que sean reconocidos como residuos de establecimientos de salud;
- procesar volúmenes significativos en relación a los costos de capital y de operación del sistema, es decir, ser económicamente factible en términos de la economía local.

Los procesos comerciales disponibles que cumplen con estas premisas fundamentales son: la incineración; la pirólisis; el autoclavado; el microondas; la radiación ionizante; la desactivación electrotérmica y el tratamiento químico.



INCINERACIÓN

La incineración es un proceso de quema, en presencia de exceso de oxígeno, por medio del cual los materiales a base de carbono son descompuestos, desprendiendo calor y generando cenizas como residuo. Normalmente, la cantidad de oxígeno empleada en la incineración es del 10 al 25% superior al necesario para quemar los residuos.

La incineración de los residuos, si es realizada de forma adecuada, es también un tratamiento eficaz para reducir su volumen y dejarlos absolutamente inertes en poco tiempo. Pero su instalación y funcionamiento son, por lo general, costosos principalmente en razón de la necesidad de filtros e implementos tecnológicos sofisticados para disminuir o eliminar la contaminación del aire con gases producidos durante la quema de los residuos.

Un incinerador es básicamente un equipo compuesto por dos cámaras de combustión. En la primera cámara, se queman los residuos sólidos y líquidos, con exceso de oxígeno, a una temperatura de 800 a 1.000°C, que se transforman en gases, cenizas y escoria. En la segunda cámara, los gases provenientes de la combustión inicial son quemados a una temperatura de 1.200 a 1.400°C.

Los gases de la combustión secundaria son rápidamente enfriados para evitar la recomposición de las extensas cadenas orgánicas tóxicas y, luego, tratados en lavadores, ciclones o precipitadores electrostáticos, antes de ser lanzados a la atmósfera a través de una chimenea.

Como la temperatura de quema de los residuos no es suficiente para fundir y volatilizar los metales, estos se mezclan con las cenizas. Es posible separarlos y recuperarlos para comercialización.

En el caso de residuos tóxicos que contienen cloro, fósforo o azufre, además de que es necesario que los gases permanezcan durante más tiempo en la cámara (aproximadamente dos segundos), se requieren sofisticados sistemas de tratamiento antes de que estos gases puedan ser lanzados a la atmósfera.

En el caso de residuos compuestos solo por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, se necesita solamente un eficiente sistema de filtro de las partículas expelidas conjuntamente con los gases de la combustión.

Existen diversos tipos de hornos de incineración. Los más comunes son los de rejilla fija, de lecho móvil y giratorio.

Incineradores de rejilla fija

En este proceso, los residuos son lanzados sobre una rejilla fija, donde son quemados. El aire es introducido desde arriba de la rejilla de modo que se minimiza

el arrastre de las cenizas. Las cenizas y la escoria resultantes de la quema caen por los orificios de la rejilla a un cenicero, de donde son retiradas mecánicamente o por vía húmeda.

Para garantizar el exceso de oxígeno necesario para la completa combustión de los residuos y de los gases, el flujo de aire es obtenido por un extractor colocado antes de la chimenea.

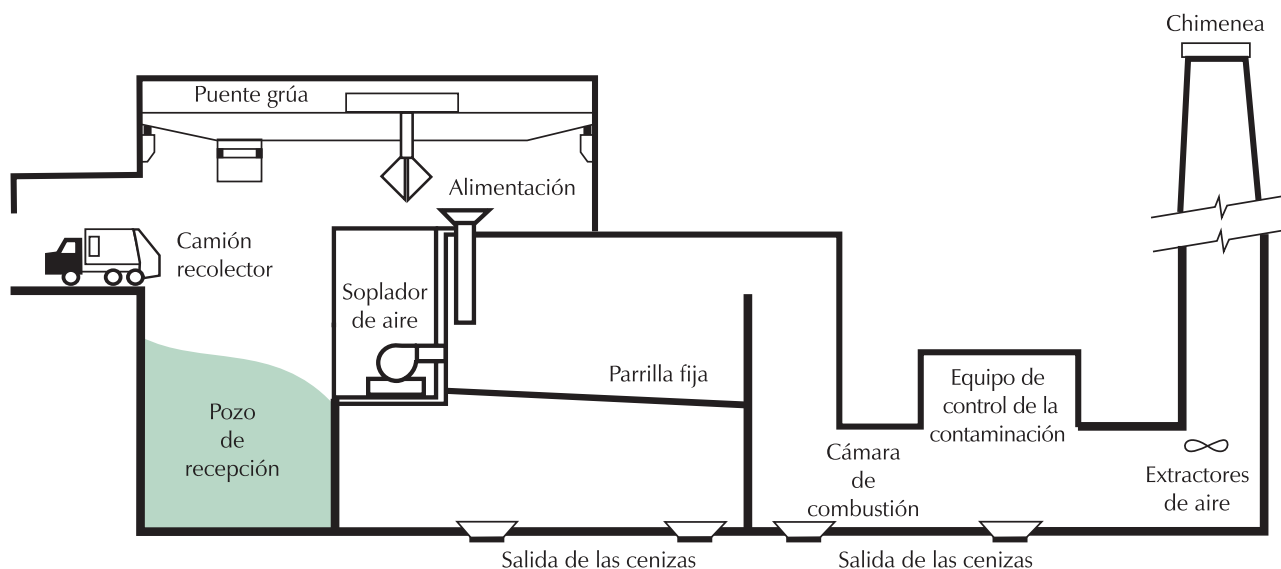


Figura 102 - Incinerador de rejilla fija

Incineradores de lecho móvil

Están formados por chapas de hierro fundido, ubicadas escalonadamente y unidas a un sistema hidráulico que proporciona al lecho un movimiento de vaivén que conduce los residuos desde la puerta de acceso hasta el pozo de descarga de cenizas y escoria.

El lecho de combustión se divide en tres secciones, a fin de secar (primera sección) y efectuar la quema completa de los residuos (segunda y tercera).

El aire de combustión del horno es suministrado por dos sopladores, uno para forzar la admisión de aire entre los residuos (aire bajo fuego) y otro que fuerza la introducción de aire por encima de los residuos (aire sobre fuego).

Las cenizas y escorias oriundas de la quema de los residuos son descargadas continuamente dentro de un pozo situado debajo del horno. En el pozo, las cenizas y escorias calientes son retiradas mecánicamente o por vía húmeda.

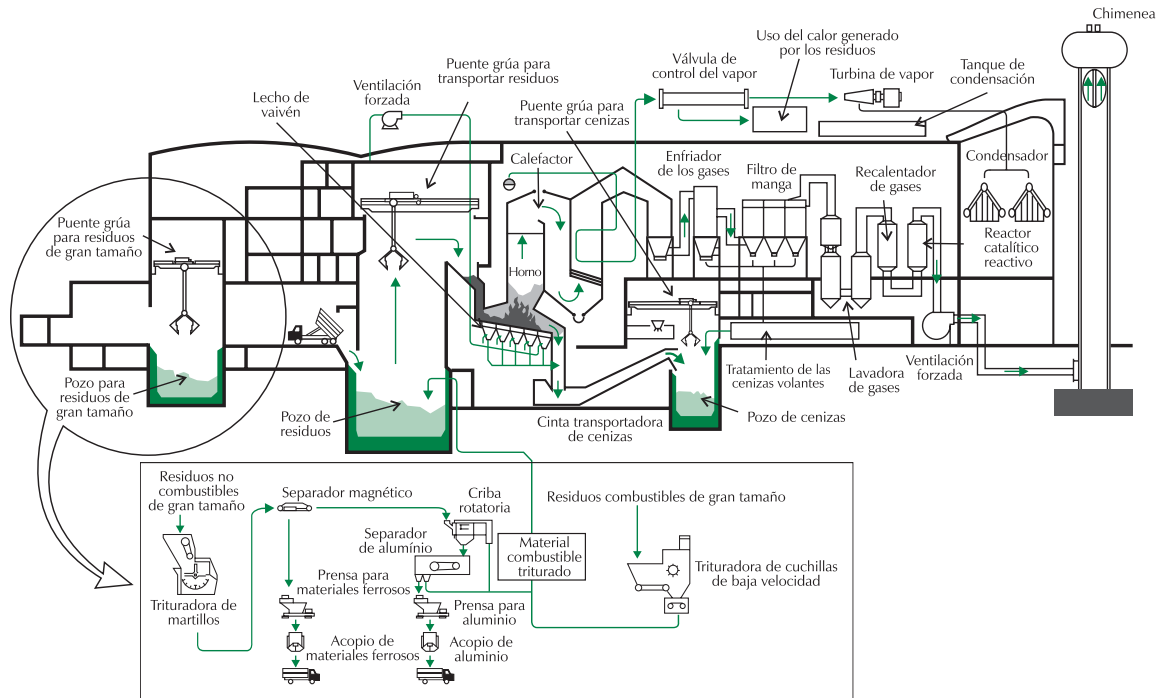


Figura 103 - Incinerador de lecho móvil

Hornos giratorios

A pesar de servir para destruir térmicamente los residuos infecciosos, los hornos giratorios son más utilizados para quemar residuos industriales peligrosos. Son incineradores cilíndricos, con un diámetro de unos cuatro metros y largo de hasta cuatro veces el diámetro, montados con una pequeña inclinación respecto al plano horizontal.

La entrada está en el extremo más elevado, por el lado opuesto al de los quemadores, obligando a los residuos a moverse lentamente hacia abajo debido a la rotación del cilindro.

Los gases generados pasan a una cámara secundaria de quema, donde están instalados los quemadores de líquidos y gases. El flujo de los gases resultantes de la quema es dirigido a los intercambiadores de calor y a los equipos lavadores.

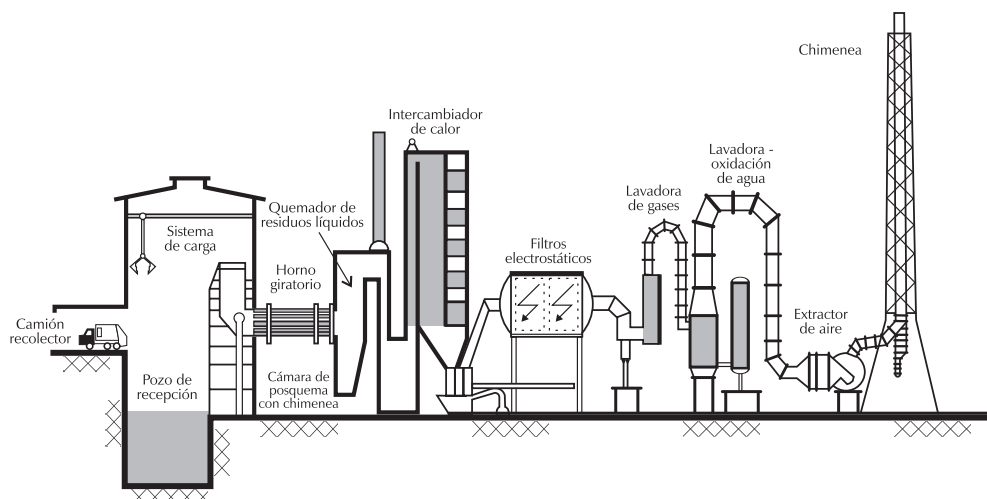


Figura 104 - Incinerador rotativo

PIRÓLISIS

La pirólisis también es un proceso de destrucción térmica, como la incineración, con la diferencia de que absorbe calor y se procesa en ausencia de oxígeno. En este proceso, los materiales a base de carbono se descomponen en combustibles gaseosos o líquidos y carbón.

Los hornos pirolíticos son muy utilizados en el tratamiento de los residuos de servicios de salud, donde el poder calorífico de los residuos mantiene una determinada temperatura de proceso.

Existen modelos de cámara simple, donde la temperatura está en el rango de los 1.000°C, y de cámaras múltiples, con temperaturas de entre 600 y 800°C en la cámara primaria, y entre 1.000 y 1.200°C en la cámara secundaria.

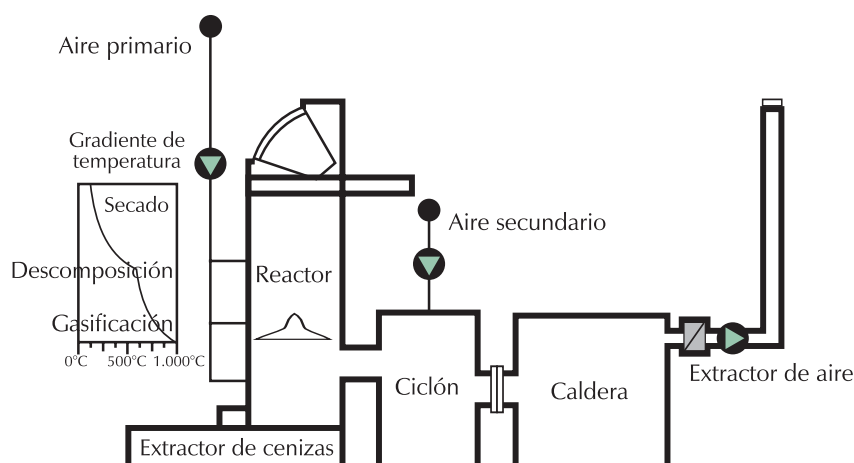


Figura 105 - Horno pirolítico

El sistema de alimentación puede ser automático (continuo) o semiautomático (por lotes) y los quemadores auxiliares pueden quemar gasóleo o gas.

Sus grandes ventajas son:

- garantía de la eficiencia del tratamiento, cuando en perfectas condiciones de funcionamiento;
- reducción substancial del volumen de residuos a ser dispuestos (cerca del 95%).

Sus principales desventajas son:

- altos costos de operación y de mantenimiento;



- mantenimiento difícil, que exige trabajo constante de limpieza en el sistema de alimentación de combustible auxiliar, a menos que se utilice gas natural;
- elevado riesgo de contaminación del aire, con generación de dioxinas, en caso de que haya quema inadecuada de materiales clorados existentes en los sacos de PVC y desinfectantes;
- riesgo de contaminación del aire por la emisión de materiales particulados;
- elevado costo de tratamiento de los efluentes.

Observar que ni la incineración, ni la pirólisis resuelven por completo el problema del destino final de los residuos de establecimientos de salud, y que es necesario proveer una disposición final adecuada para las cenizas y el lodo resultante del tratamiento de los gases.



Figura 106 - Planta de incineración de residuos de establecimientos de salud con capacidad de 250kg/hora

AUTOCLAVADO

Originalmente utilizado en la esterilización de material quirúrgico, este proceso fue adaptado y desarrollado para la esterilización de residuos.

En líneas generales, consiste en un sistema de alimentación que conduce los residuos hasta una cámara estanca, en la que se hace el vacío y se inyecta vapor de agua (de 105 a 150°C) bajo determinadas condiciones de presión.

Los residuos permanecen en esta cámara durante un determinado tiempo hasta que se tornan estériles, luego, se descarga el agua por un lado y los residuos por el otro.

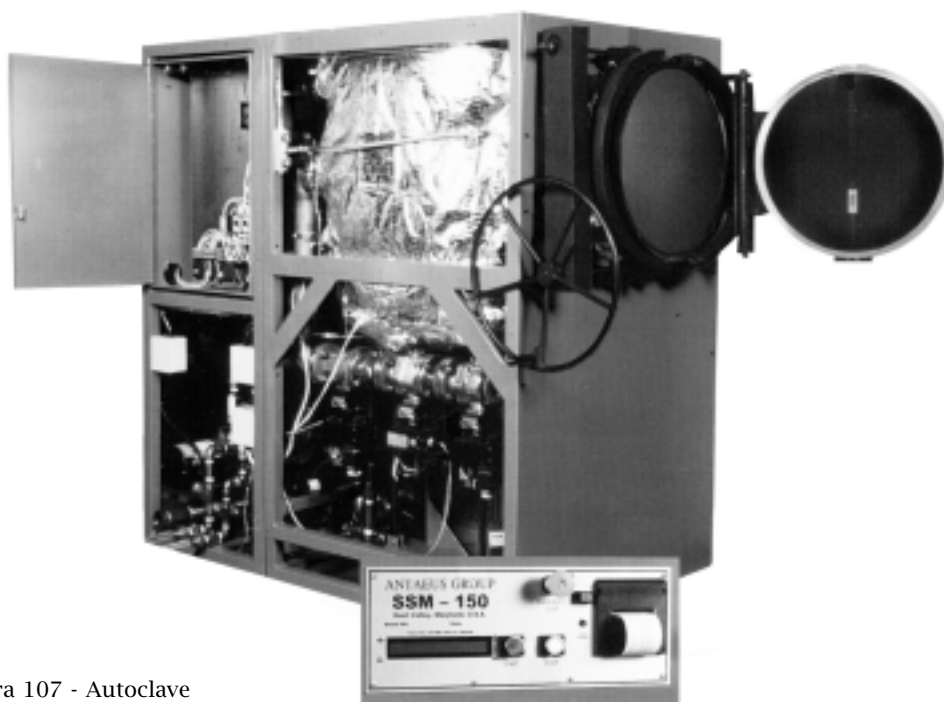


Figura 107 - Autoclave

Este proceso presenta las siguientes ventajas:

- costo de operación relativamente bajo;
- no emite efluentes gaseosos y el efluente líquido es estéril;
- mantenimiento relativamente fácil y barato.

Como contrapartida, presenta las siguientes desventajas:

- no hay garantía de que el vapor de agua alcance todos los puntos de la masa de residuos, salvo si hubiera una adecuada trituración previa a la fase de desinfección;
- no reduce el volumen de los residuos, a no ser que haya trituración previa;
- proceso en lotes, no es posible un servicio de tratamiento continuo.

MICROONDAS

En este proceso los residuos son triturados, humedecidos con vapor a 150°C y colocados continuamente en un horno de microondas, en el que hay un dispositivo para revolver y transportar la masa, de modo que todo el material reciba uniformemente la radiación de microondas.



Las ventajas de ese proceso son:

- ausencia de emisión de efluentes de cualquier naturaleza;
- proceso continuo.

Las principales desventajas están representadas por los siguientes aspectos:

- costo de operación relativamente alto;
- no se reduce el volumen de los residuos a ser enterrados, a menos que haya trituración.

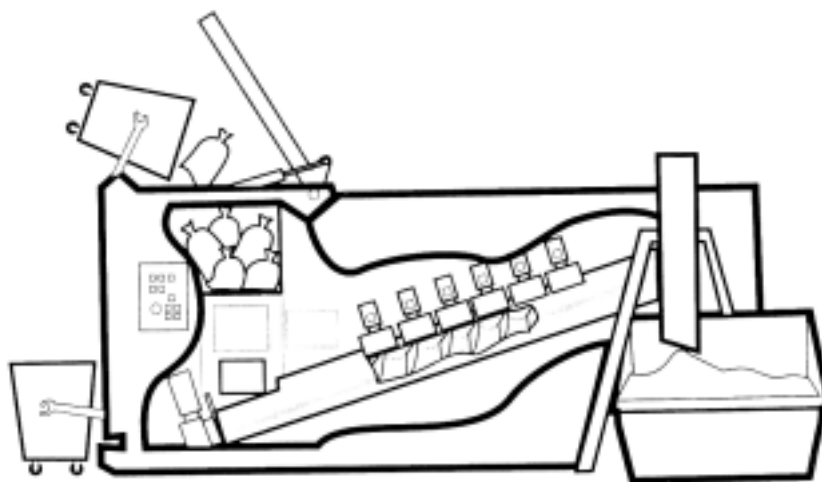


Figura 108 - Microondas

RADIACIÓN IONIZANTE

En este proceso, los residuos, en su forma natural, son expuestos a la acción de rayos gama, generados por una fuente enriquecida de cobalto 60, que vuelve inactivos a los microorganismos.

Este proceso presenta las siguientes desventajas en relación a los procesos anteriores:

- la eficiencia de tratamiento es cuestionable, pues existe la posibilidad de que partes de la masa de residuos no hayan estado expuestas a los rayos electromagnéticos;
- necesidad de disposición adecuada de la fuente agotada de cobalto 60 (radioactiva).

Las ventajas son la ausencia de emisión de efluentes de cualquier naturaleza y el hecho de ser un proceso continuo.

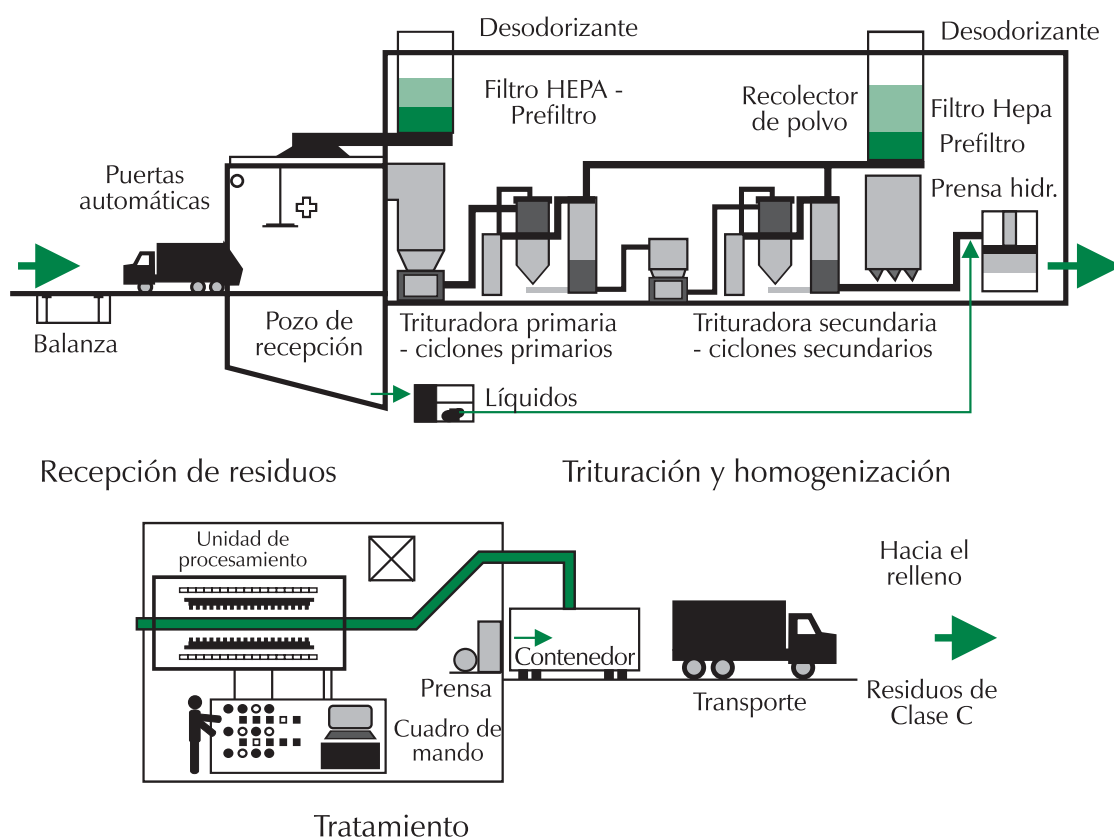


Figura 109 - Radiación ionizante

INACTIVACIÓN ELECTROTÉRMICA

Este proceso consiste en una doble trituración previa al tratamiento, seguida por la exposición de la masa triturada a un campo eléctrico de alta potencia, generado por ondas electromagnéticas de baja frecuencia, que alcanza una temperatura final de 95 a 98°C.

En este proceso no hay emisión de efluentes líquidos ni gaseosos.

Las ventajas y desventajas de este proceso son las mismas que las del proceso de microondas, agravadas por la dificultad de mantenimiento del equipo y la no reducción del volumen, a no ser que se instale un sistema de trituración posterior al tratamiento.

TRATAMIENTO QUÍMICO

En este proceso, los residuos son triturados y luego sumergidos en una solución desinfectante, que puede ser hipoclorito de sodio, dióxido de cloro o gas formaldehído. La masa de residuos permanece en esta solución por algunos minutos y el tratamiento es por contacto directo.



Antes de ser dispuestos en el contenedor de salida, los residuos pasan por un sistema de secado, que genera un efluente líquido nocivo al medio ambiente y que necesita ser neutralizado.

Las ventajas de este proceso son el bajo costo de operación y de mantenimiento, así como la eficiencia del tratamiento de los residuos.

Las desventajas están relacionadas con la necesidad de neutralizar los efluentes líquidos y con la no reducción del volumen del residuo, a no ser por medio de trituración que debe ser realizada por separado.

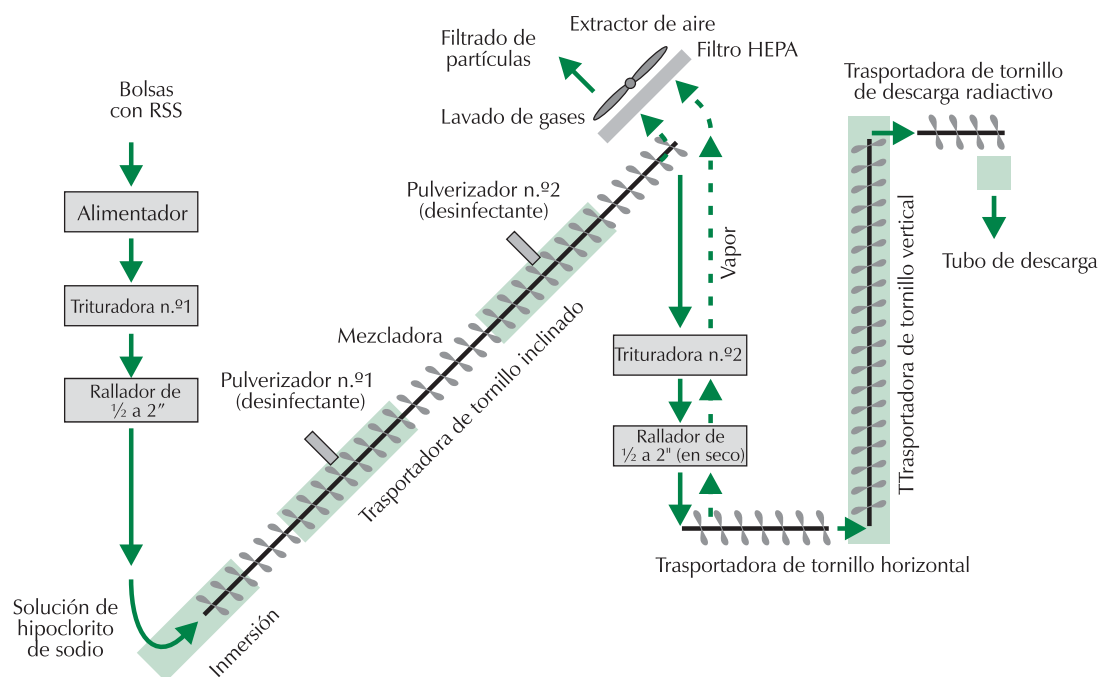


Figura 110 - Desinfección química

13

Disposición final de residuos sólidos





13.1 Introducción

Debido al crecimiento de las ciudades, el desafío al que tiene que hacer frente la limpieza urbana no se limita a recoger los residuos sólidos de la vía pública y de los inmuebles, sino que debe, principalmente, asegurar un destino final adecuado a estos residuos.

Este asunto merece atención porque si la recolección de los residuos es ineficiente, la población ejerce presión sobre la municipalidad para que mejore la calidad del servicio, ya que se trata de una actividad totalmente expuesta y visible. Sin embargo, si se da una disposición final inadecuada a los residuos, serán pocas las personas directamente molestadas, de modo que no generará reclamos.

Por consiguiente, al contar con un presupuesto reducido, como sucede en muchas municipalidades de América Latina y el Caribe, el sistema de limpieza urbana no dudará en relegar la disposición final a un segundo plano, dando prioridad a la recolección de residuos y a la limpieza de la vía pública.

Así, es común observar en muchos municipios, en especial los más pequeños, la presencia de basurales, que son lugares donde los residuos recolectados son depositados directamente sobre el suelo sin ningún control y sin ningún cuidado ambiental, contaminando tanto el suelo, como el aire, las napas de agua subterránea y los terrenos vecinos.

Los basurales, además de los problemas sanitarios y ambientales que presentan, son también un serio problema social, porque atraen a los segregadores, que hacen de la separación de residuos reciclables un medio de subsistencia, muchas veces habitando en el área del relleno, en abrigos y chozas, criando familias y hasta formando comunidades.

Ante esta situación, la única forma de disposición final adecuada de los residuos sólidos es a través de rellenos sanitarios o de rellenos controlados, en este caso siempre que se cumplan determinados condicionantes descriptos más adelante. Todos los demás procesos considerados como de disposición (plantas de reciclaje, de compostaje y de incineración) son en realidad procesos de tratamiento de los residuos y no pueden prescindir de un relleno para la disposición final de los desechos que producen.

Es necesario destacar lo difícil que es implementar un relleno sanitario, no solo porque exige la contratación de estudios ambientales, de un proyecto específico de ingeniería sanitaria y ambiental, y porque requiere una inversión inicial relativamente alta para su instalación, sino también por la natural resistencia que cualquier persona tiene al saber que residirá cerca de un lugar en que se acumularán residuos.

Este rechazo proviene de la percepción que la sociedad tiene de los lugares de disposición de residuos sólidos, usualmente instalados inadecuadamente y mal administrados, es decir que es necesario vencer este estigma, a través de estudios y proyectos consistentes y con un amplio proceso de concienciación de la sociedad, sobre la diferencia entre un relleno sanitario y los basurales. Por otro lado, debe existir la decisión política de asignar las partidas presupuestarias necesarias para implementar el proyecto aprobado y para asegurar su correcta operación.

13.2 Impactos de la disposición inadecuada de los residuos sólidos

Los problemas usualmente observados en los lugares de disposición incorrecta de los residuos sólidos municipales y sus respectivas consecuencias son:

- proximidad de cuerpos de agua \Rightarrow contaminación hídrica;
- falta de recubrimiento o cobertura parcial de los residuos \Rightarrow proliferación de vectores, olores, contaminación estética y paisajística;
- práctica de prender fuego \Rightarrow riesgos para la seguridad de las personas, contaminación atmosférica, desperdicio de energía;
- falta de barreras físicas (área sin cercas) y de cinturón verde \Rightarrow acceso de personas y animales, emisión de olores y de partículas de material;
- disposición inadecuada de residuos de establecimientos de salud, mezclados con residuos domiciliarios \Rightarrow más riesgo de contaminar las personas y el ambiente;
- criaderos de cerdos y presencia de varios otros animales \Rightarrow zoonosis y riesgos a la salud pública;
- proximidad a núcleos habitacionales, centros educativos y guarderías infantiles \Rightarrow habitantes sometidos a diferentes molestias y riesgos sanitarios;
- actividades de segregación realizadas por mujeres, hombres, ancianos y niños \Rightarrow degradación de la ciudadanía, exposición a la insalubridad, riesgos para la salud y de accidentes;
- proximidad a áreas protegidas ambientalmente (reservas ecológicas y equivalentes) \Rightarrow degradación del área y riesgos de contaminación ambiental.

Los rellenos son una especie de reactor químico y biológico, con actividad y efluentes, cuyas características dependen de las sustancias que componen los residuos, lo que hace imprescindible la segregación de los residuos especiales.

En el sitio de disposición final, la descomposición biológica de los restos de alimentos y similares, contenidos en los residuos domiciliarios, genera un efluente líquido con elevada DBO (demanda bioquímica de oxígeno), que se desplaza e incorpora otras sustancias contenidas en la masa de residuos. Este lixiviado es, por consiguiente, altamente contaminante, debido a la elevada DBO y a las reacciones químicas de sus componentes (metales pesados, por ejemplo).

Además, el proceso anaeróbico de descomposición de los residuos sólidos domiciliarios genera biogás, compuesto principalmente por metano, que es explosivo en concentraciones del 5% al 15% en el aire. El biogás no solo es tóxico, sino que es uno de los factores que contribuyen al efecto invernadero. En la composición de este biogás hay también gases malolientes, tales como el sulfuro de hidrógeno y los mercaptanos.

Consecuentemente, la protección contra los efectos negativos que puedan resultar de la disposición final inadecuada de los residuos en el suelo deberá incluir,



necesariamente, la creación de un ambiente menos favorable a reacciones químicas y biológicas indeseables. Por lo tanto, es necesario aislar los residuos o minimizar el contacto entre los componentes que puedan reaccionar. Por último, es necesario que los efluentes líquidos y gaseosos sean adecuadamente controlados.

El desarrollo del proyecto de disposición final de residuos sólidos, por consiguiente, debe incluir la interacción de las soluciones técnicas con las directrices básicas para evitar los impactos ambientales presentadas arriba.

En una unidad de disposición final de residuos sólidos, el suelo es el principal receptor y conductor de contaminantes. Por otro lado, también puede constituirse en la seguridad deseada contra la contaminación de las aguas subterráneas y del entorno, siempre que tenga espesura suficiente y sea lo más impermeable posible. Si esta condición favorable no existiera naturalmente, se deben usar recursos de ingeniería a fin de responder a las especificaciones técnicas y a la legislación aplicable.

El proceso recomendado para la disposición final adecuada de los residuos domiciliarios es el relleno sanitario. En países de América Latina y el Caribe, en los municipios de menor tamaño y menos recursos económicos, una alternativa aceptable son los rellenos controlados, que pueden ser implementados respetando los condicionantes técnicos y ambientales siempre que estén reglamentados por instrumentos legales.

13.3 Relleno sanitario

Los objetivos y principios de construcción y operación de un relleno sanitario pueden ser definidos de diferentes formas. En nuestra opinión, la definición más adecuada es la establecida por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS, de la Organización Panamericana de la Salud, que ha sido adoptada en muchas normas técnicas y organismos y entidades ambientales, y que reproducimos a continuación:

“**Relleno sanitario:** es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.”

La unidad de construcción del relleno sanitario es una célula en la que se depositan los residuos sólidos de cada día (el período puede ser más corto si la cantidad diaria de residuos fuera muy grande) en capas compactadas en rampa, cubiertas con una capa de tierra también compactada es denominada célula.

La célula se construye contra una barrera de contención, que puede ser una elevación natural preexistente, una berma construida previamente con material terroso compactado, u otras células. Las células se construyen una al lado de la otra, cada una apoyada en las anteriores, formando un “nivel de relleno”; el relleno puede tener dos o más niveles, dependiendo del proyecto de ingeniería.

Al dimensionar una célula, se deben tener en cuenta algunos criterios básicos:

- el frente de trabajo de la célula debe tener solo el tamaño suficiente para que las máquinas y vehículos maniobren de forma segura;
- la altura debe ser de 3 a 6 metros, según la cantidad de residuos (envergadura del relleno sanitario);
- el avance que debe ser calculado en función del volumen diario de residuos, de la longitud del frente de trabajo y de su altura;
- las dimensiones que se ajustan en función de la estabilidad y la economía de tierra.

Un relleno sanitario está formado por unidades de operación y de apoyo.

Unidades de operación

- células de residuos domiciliarios;
- células de residuos de establecimientos de salud (si el municipio no dispusiera de algún proceso más efectivo para dar destino final a este tipo de desechos);



Figura 111 - Construcción del área operacional - Terraplén

- impermeabilización del fondo (obligatoria) y de la parte superior (opcional);



Figura 112 - Impermeabilización del área operacional

- sistema de recolección y tratamiento de los líquidos percolados (lixiviado);



Figura 113 – Captación y tratamiento de lixiviados

- sistema de recolección y quema (o aprovechamiento) del biogás;



Figura 114 – Captación y quema del biogás

- sistema de drenaje y canalización de las aguas pluviales;



Figura 115 – Sistema de drenaje pluvial

- sistemas de monitoreo ambiental, topográfico y geotécnico;
- playa de acopio de materiales.



Figura 116 - Área de acopio de materiales

Unidades de apoyo

- cerca y barrera vegetal;



Figura 117 - Barrera vegetal

- caminos de acceso y de servicio;



Figura 118 - Preparación de vía interna de servicio



- balanza para camiones y sistema de control de residuos;



Figura 119 – Balanza para pesaje de carga de camiones

- garita de entrada y oficinas administrativas;
- taller mecánico y gomería.



Figura 120 – Unidades de apoyo

El proceso previo a la puesta en operación de un relleno sanitario incluye la selección del terreno, la obtención de licencias, el proyecto ejecutivo y la instalación.

13.3.1 Selección de terrenos para la instalación de rellenos sanitarios

La selección del terreno para la instalación de un relleno sanitario es una tarea compleja. El alto grado de urbanización de las ciudades, asociado a la ocupación intensiva del suelo, limita la disponibilidad de terrenos próximos a los lugares en que se generan los residuos, que tengan las dimensiones requeridas para la instalación de un relleno sanitario acorde con las necesidades de los municipios.

Además, se deben tener en cuenta otros factores, tales como los parámetros técnicos de las normas y directrices establecidos por los diferentes organismos públicos

competentes, los aspectos jurídicos y todas las instancias gubernamentales, los planos directores de los municipios correspondientes, los centros de desarrollo local y regional, las distancias a ser recorridas, las vías de acceso y los aspectos políticos y sociales relacionados con la aprobación del emprendimiento por los políticos, los medios de comunicación y la comunidad.

Por otro lado, los factores económicos y financieros no pueden ser relegados a un segundo plano, ya que los recursos municipales deben ser siempre usados de forma equilibrada.

Por consiguiente, los requisitos para implementar adecuadamente un relleno sanitario son muy rigurosos y es necesario definir cuidadosamente el orden de prioridades.

La estrategia a ser usada en la selección del terreno para un nuevo relleno sanitario consta de los siguientes pasos:

- selección preliminar de los terrenos disponibles en el municipio;
- determinación del conjunto de criterios de selección;
- definición del orden de prioridad para cumplir con los criterios de selección establecidos;
- análisis crítico de cada uno de los terrenos en relación con los criterios establecidos y priorizados, de modo que se seleccione el terreno cuyas características naturales cumplan con la mayor parte de las condiciones.

Aplicando esta estrategia, se minimizan las medidas correctivas necesarias para adecuar el terreno a las exigencias técnicas y ambientales y, por consiguiente, se reduce el monto de la inversión inicial.

SELECCIÓN PRELIMINAR DE LOS TERRENOS DISPONIBLES

La selección preliminar de los terrenos disponibles en el municipio se debe hacer de la siguiente forma:

- cálculo preliminar del área total del relleno sanitario;

Para hacer un cálculo aproximado del área mínima total necesaria para la instalación de un relleno sanitario, en metros cuadrados, algunos profesionales multiplican la cantidad de residuos recolectada diariamente, en toneladas, por el factor 560. Este factor está basado en los siguientes parámetros de proyectos de rellenos:

vida útil = 20 años; altura del relleno = 20m; taludes de 1:3 (vertical : horizontal) y ocupación operativa del 80% del terreno.

Sin embargo, el índice de aprovechamiento del área total, dependerá de las condiciones específicas de cada terreno (topografía, hidrología y forma geométrica, por ejemplo).



- delimitación del perímetro de las zonas rurales e industriales y de las áreas de conservación existentes en el municipio;
- relevamiento de los terrenos disponibles dentro de los perímetros delimitados en lo que no haya restricciones de zonificación y uso del suelo, que tengan dimensiones compatibles con el cálculo preliminar, dando prioridad a tierras que pertenezcan al municipio;
- determinación de la propiedad de los terrenos relevados;
- recopilación de la documentación de los terrenos, y exclusión de los que no tengan la documentación en regla.

La situación legal de la propiedad de los inmuebles es sumamente importante a fin de evitar que surjan problemas para la municipalidad y atrasos en el proceso de obtención de licencias.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios se dividen en tres grandes grupos: técnicos y legales, económico-financieros, y político-sociales.

Criterios técnicos y legales

La selección de un terreno para instalar un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos domiciliarios debe cumplir, por lo menos, con los criterios técnicos impuestos por las normas técnicas y la legislación de las diferentes esferas de poder de cada país.

Todas las condiciones y restricciones normalmente previstas por las normas técnicas y la legislación pertinente están listadas en la tabla 17. Es necesario resaltar, sin embargo, que los aspectos peculiares de la legislación de cada país podrán imponer reservas respecto a algunos de los conceptos o dimensiones aquí descriptos que, en esos casos, deberán ser ajustados.

Tabla 17

Criterios técnicos y legales	
Criterios	Observaciones
Uso del suelo	Los terrenos deben estar fuera de los límites de toda área de conservación ambiental y en una zona en la que el uso del suelo sea compatible con las actividades del relleno sanitario.
Distancia a cuerpos hídricos	Los terrenos no deben estar a menos de 200 metros de cuerpos de agua importantes, tales como, ríos, lagos, lagunas y océanos. No deben, tampoco, encontrarse a menos de 50 metros de cualquier otro cuerpo de agua.

Tabla 17 (cont.)

Criterios	Observaciones
Distancia a núcleos residenciales urbanos	Los terrenos no deben estar a menos de 300 metros de núcleos residenciales urbanos con 200 o más habitantes.
Distancia a aeropuertos	Los terrenos no pueden estar ubicados en las proximidades de aeropuertos o aeródromos y deben respetar la legislación en vigor.
Profundidad de la napa freática	Las distancias mínimas recomendadas son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • en rellenos sanitarios con fondo impermeabilizado con membrana plástica, la distancia entre la napa freática y la membrana no puede ser de menos de 1,5 metro; • en rellenos de menor tamaño con fondo impermeabilizado con una capa de arcilla compactada, cuyo coeficiente de permeabilidad debe ser de menos de 10-6cm/s, la distancia entre la napa freática y la capa impermeabilizante no puede ser de menos de 3 metros.
Vida útil mínima	Es recomendable que los terrenos permitan que el nuevo relleno sanitario tenga por lo menos 8 años de vida útil.
Impermeabilidad natural del suelo	Es recomendable que el suelo del terreno seleccionado tenga una buena impermeabilidad natural, a fin de reducir la posibilidad de contaminación del acuífero. El suelo de los terrenos seleccionados debe ser arcilloso.
Topografía favorable al drenaje	La cuenca de drenaje de las aguas pluviales debe ser pequeña, a fin de evitar la entrada de una cantidad grande de agua de lluvia en el relleno.
Facilidad de acceso para vehículos pesados	El camino de acceso al terreno no debe tener pendientes ni curvas pronunciadas y debe tener pavimento de buena calidad, a fin de minimizar el desgaste de los vehículos recolectores y permitir que tengan libre acceso al lugar de vaciado de los residuos, incluso en la época de lluvias intensas.
Disponibilidad de material para cobertura	El terreno debe, de preferencia, tener o estar situado cerca de yacimientos de material para cobertura, a fin de asegurar el bajo costo de la cobertura de los residuos.

Es necesario destacar la importancia que tiene el aspecto de vida útil del relleno sanitario, debido a que es cada vez más difícil encontrar nuevos terrenos, cercanos a la zona de recolección, para recibir el volumen de residuos urbanos generados en el municipio, en función del rechazo natural de la población a vivir en las cercanías de este tipo de unidad de disposición final de residuos.



Criterios económicos y financieros

Tabla 18

Criterios económicos y financieros	
Criterios	Observaciones
Proximidad geométrica del centro de recolección	Es recomendable que la distancia que los vehículos recolectores deban recorrer de ida y vuelta al relleno sanitario por calles y caminos ya existentes, sea lo más corta posible, a fin de reducir el desgaste de los camiones y el costo de transporte de los residuos.
Costo de adquisición del terreno	Si el terreno no fuera de propiedad municipal, deberá encontrarse, de preferencia, en el área rural, de modo que el costo de adquisición sea más bajo que el de terrenos situados en otras áreas en que se podría instalar el relleno (áreas industriales, por ejemplo).
Costo de la inversión en construcción e infraestructura	Es importante que el terreno seleccionado disponga de infraestructura completa, a fin de reducir los gastos de inversión en abastecimiento de agua, recolección y tratamiento de efluentes locales, drenaje de aguas pluviales, distribución de energía eléctrica y comunicación.
Costo de mantenimiento del sistema de drenaje	El terreno seleccionado debe tener una pendiente suave para evitar la erosión del suelo y reducir los gastos de limpieza y mantenimiento de los componentes del sistema de drenaje.

Criterios políticos y sociales

Tabla 19

Criterios políticos y sociales	
Criterios	Observaciones
Acceso al terreno por caminos con baja densidad habitacional	El tránsito de vehículos que transportan residuos constituye un trastorno para los habitantes de las calles por donde circulan, de modo que es recomendable que el acceso al área del relleno sanitario se haga a través de lugares de baja densidad demográfica, de preferencia por calles proyectadas especialmente para responder a las necesidades del tránsito pesado de camiones.
Aceptación por la comunidad local	Es recomendable que en las cercanías del terreno seleccionado no haya tenido lugar ningún problema entre la municipalidad y la comunidad local, organizaciones no gubernamentales (ONG) o medios de comunicación, puesto que cualquier indisposición con el poder público generará reacciones negativas a la instalación del relleno.

DEFINICIÓN DEL ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN

La tabla 20 muestra una sugerencia del orden de prioridad de los criterios de selección de terrenos para la instalación de rellenos sanitarios.

Tabla 20

Jerarquía de los criterios	
Criterios	Prioridad
Conformidad con la legislación ambiental vigente	1
Conformidad con las condiciones políticas y sociales	2
Conformidad con las principales condiciones económicas	3
Conformidad con las principales condiciones técnicas	4
Conformidad con otras condiciones económicas	5
Conformidad con otras condiciones técnicas	6

A fin de determinar cuál es el mejor terreno para la instalación del relleno sanitario, cada terreno seleccionado debe ser sometido a un análisis exhaustivo respecto a cada uno de los criterios establecidos. El resultado debe dar razones que justifiquen considerarlo “conformidad total”, “conformidad parcial, o total a través de obras” o “no conforme” con cada criterio.

Tanto a las prioridades cuanto la conformidad con los criterios definidos deben recibir un peso relativo, tal como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21

Peso de los criterios y de la conformidad	
Prioridad de los criterios	Peso
1	10
2	6
3	4
4	3
5	2
6	1
Conformidad	Peso
Total	100 %
Parcial o con obras	50 %
No conforme	0 %



SELECCIÓN DEL MEJOR TERRENO

Análisis del terreno seleccionado en relación con los criterios establecidos

El terreno seleccionado para instalar un relleno sanitario debe ser el que esté acorde con la mayor cantidad de criterios, con el énfasis puesto en los que tienen más prioridad.

Cuando los atributos naturales del terreno seleccionado no fueran suficientes para que esté en conformidad total con un criterio dado, las deficiencias deberán ser salvadas a través de la implementación de soluciones de ingeniería moderna.

A modo de ejemplo, presentamos el caso de un municipio que debe determinar cuál es el mejor terreno de los tres que fueron seleccionados, cuyas características se muestran en la tabla 22.

El terreno que obtenga más puntos en este cálculo será considerado el mejor.

Tabla 22

Características de los terrenos				
Criterios	Prioridad	Conformidad		
		Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Distancia a cuerpos hídricos	1	T	T	T
Distancia a núcleos residenciales	1	T	T	P
Distancia a aeropuertos	1	T	T	T
Profundidad de la napa freática	1	P	P	T
Accesos con baja densidad habitacional	2	P	P	P
Aceptación por la comunidad local	2	N	P	T
Costo de adquisición del terreno	3	P	P	T
Existencia de infraestructura	3	T	T	P
Vida útil mínima	4	P	T	T
Uso del suelo	4	T	T	T
Impermeabilidad natural del suelo	4	P	P	P
Topografía favorable al drenaje	4	P	P	T
Facilidad de acceso para vehículos pesados	4	T	P	P
Disponibilidad de material para cobertura	4	N	P	T
Mantenimiento del sistema de drenaje	5	P	P	T
Proximidad del centro de recolección	6	T	P	P

Nota: T = conformidad total; P = conformidad parcial; N = no conforme.

Al hacer el cálculo ponderado con los pesos definidos en la tabla 21, los terrenos seleccionados tendrán el siguiente puntaje:

Tabla 23

Puntaje de cada terreno							
Criterios	Peso de la prioridad	Peso de la conformidad			Puntaje de cada terreno		
		Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Distancia a cuerpos hídricos	10	100%	100%	100%	10,0	10,0	10,0
Distancia a núcleos residenciales	10	100%	100%	50%	10,0	10,0	5,0
Distancia a aeropuertos	10	100%	100%	100%	10,0	10,0	10,0
Profundidad de la napa freática	10	50%	50%	100%	5,0	5,0	10,0
Accesos con baja densidad habitacional	6	50%	50%	50%	3,0	3,0	3,0
Aceptación por la comunidad local	6	0%	50%	100%	0,0	3,0	6,0
Costo de adquisición del terreno	4	50%	50%	100%	2,0	2,0	4,0
Existencia de infraestructura	4	100%	100%	50%	4,0	4,0	2,0
Vida útil mínima	3	50%	100%	100%	1,5	3,0	3,0
Uso del suelo	3	100%	100%	100%	3,0	3,0	3,0
Impermeabilidad natural del suelo	3	50%	50%	50%	1,5	1,5	1,5
Topografía favorable al drenaje	3	50%	50%	100%	1,5	1,5	3,0
Facilidad de acceso para vehículos pesados	3	100%	50%	50%	3,0	1,5	1,5
Disponibilidad de material para cobertura	3	0%	50%	100%	0,0	1,5	3,0
Mantenimiento del sistema de drenaje	2	50%	50%	100%	1,0	1,0	2,0
Proximidad del centro de recolección	1	100%	50%	50%	1,0	0,5	0,5
Puntaje final					56,5	60,5	67,5

Se observa que el terreno 3, a pesar de que está situado relativamente cerca de un núcleo residencial, es el que muestra más ventajas en el cómputo general.



Después de definir el terreno de instalación del relleno sanitario, la municipalidad debe tomar algunas precauciones antes de comprar o expropiar el inmueble, debido a que la confirmación de la instalación efectiva del relleno sanitario en ese terreno depende de la aprobación del organismo ambiental competente, a través de un proceso de concesión de licencia que toma como base estudios ambientales más profundos.

13.3.2 Licencias ambientales

Los trámites para la obtención de licencias del terreno en que se instalará el relleno sanitario dependen de las diligencias procesales y la legislación de cada país.

Por consiguiente, presentamos las actividades y etapas que consideramos básicas:

ETAPA I

Aprobación del terreno para la implementación del emprendimiento

El objetivo de esta etapa del proceso de obtención de licencia ambiental es evaluar el terreno seleccionado y definir si es adecuado para ese emprendimiento en particular, en comparación con otros terrenos alternativos.

El proceso comienza con la presentación de una solicitud formal del emprendedor (la municipalidad o una empresa privada, por ejemplo) al organismo ambiental competente, documento que al que deben adjuntarse los datos generales del terreno y las bases conceptuales del proyecto del relleno sanitario.

Una vez recibido el pedido, el organismo de control ambiental elabora una instrucción técnica (o término de referencia), en la que se definen los aspectos relevantes que deberán ser evaluados en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Antes de realizar este estudio debe estar terminado el proyecto preliminar del relleno sanitario.

El EIA es un estudio técnico, contratado con empresas especializadas, y su objetivo es determinar los puntos positivos y negativos del emprendimiento respecto a los medios físicos (clima, geología, hidrológica, pedología, etc.), bióticos (flora y fauna) y antrópicos (aspectos relacionados con las actividades humanas). Establece, también, una serie de medidas que deben tomarse a fin de evitar o disminuir los impactos negativos identificados.



Como estos son estudios altamente especializados, con metodologías complejas y terminología técnica, se debe elaborar un segundo informe que presente un resumen de los principales puntos del EIA, en lenguaje accesible al público lego. De este modo, la sociedad en general podrá formar opinión sobre el tema y participar, democráticamente, en el proceso de concesión de la licencia.

Es conveniente destacar que el desarrollo de los estudios ambientales debe hacerse con la cooperación de los equipos técnicos de la municipalidad y del organismo de control ambiental, de modo que la metodología, las directrices técnicas y las conclusiones estén de acuerdo, en la medida de lo posible, con las políticas de estas entidades.

Una vez concluidos, los estudios deben ser encaminados de inmediato al organismo de control ambiental, para que sea analizado y se emita una opinión técnica.

Después de presentada esta opinión, a criterio del organismo de control ambiental, la sociedad podrá ser convocada a participar de audiencias públicas sobre el proceso de aprobación. En el caso específico de la implementación de un relleno sanitario es siempre recomendable hacer esta consulta popular.

La presentación del EIA en la audiencia pública debe hacer uso de todos los recursos audiovisuales disponibles, debido a que el público que participa está principalmente constituido por legos que necesitan visualizar las soluciones para comprenderlas mejor.

Una vez aprobado el estudio de impacto ambiental y las medidas paliativas pertinentes, y después de que se establezcan las medidas compensatorias de impactos ambientales necesarias, el organismo de control ambiental concederá el documento de habilitación que licencia el terreno seleccionado para la instalación del relleno sanitario. Es necesario hacer notar que esta licencia no autoriza el inmediato comienzo de las obras, puesto que se deben realizar diversos procedimientos complementarios, de responsabilidad del emprendedor.

ETAPA II

Autorización para Iniciar las obras de instalación del relleno sanitario

En la etapa inicial de concesión de la licencia, el organismo de control ambiental, sobre la base de los estudios de impacto ambiental, determina las condiciones y restricciones que el emprendedor tiene que cumplir para obtener la licencia ambiental que le permita iniciar las obras de instalación del relleno sanitario.

Por consiguiente, el detalle del proyecto de ingeniería (proyecto ejecutivo) deberá tener en cuenta esas directrices e incorporar los conceptos contenidos en los planes de control y minimización de impactos ambientales recomendados en la evaluación ambiental.

En esta etapa se deben completar los datos de campo, incluidos los relevamientos topográficos detallados, nuevos sondeos y ensayos geotécnicos. Además, se detallan los proyectos de interés ambiental, los proyectos geométricos, de drenaje de aguas pluviales, de recolección y tratamiento de los líquidos lixiviados, de recolección y quema del biogás, y de los caminos de acceso y de servicio, el proyecto arquitectónico de las unidades de apoyo, y el proyecto paisajístico.

El proyecto ejecutivo también debe contemplar el detalle del plan de operaciones, que abarque la operación del relleno sanitario, el monitoreo geotécnico y topográfico, el monitoreo ambiental, el sistema de control de pesaje (si lo hubiera) y el mantenimiento de la maquinaria, de los vehículos y de los equipos.

En la última etapa se detallan los proyectos de cimientos, superestructuras, hidráulico-sanitarios, de energía eléctrica, telefonía y otros.

Una vez terminados, estos proyectos detallados deben ser sometidos al organismo de control ambiental que comprobará si fueron cumplidas las exigencias y



condiciones establecidas al concederse la licencia de la etapa I. Si todo estuviera conforme, el organismo ambiental emitirá la licencia que autoriza el inicio de las obras para instalar el relleno sanitario.

ETAPA III

Autorización para poner en operación el relleno sanitario

Una vez obtenida la licencia ambiental que autoriza el inicio de las obras, se pone en práctica el proyecto ejecutivo, es decir, se hacen las tareas de movimiento de tierra, excavación, drenaje, construcción de los caminos de acceso, etc.

En esta fase, el emprendedor debe tener en cuenta que los trabajos se deben hacer respetando rigurosamente no solo el proyecto de ingeniería, sino también los planos y programas de control, previstos en los estudios de impacto ambiental, que orientaron la aprobación del emprendimiento por parte del organismo de control ambiental.

De este modo, el cuidado del tránsito de vehículos y maquinaria en la obra, la regulación de los motores de combustión interna y la dispersión de partículas en suspensión en el área de trabajo, entre otros puntos, deben formar parte de la rutina diaria de los ingenieros, capataces y todos los otros profesionales involucrados.

El cumplimiento de esos requisitos ambientales relevantes, y de la instalación de sistemas y dispositivos tal como fueron planeados en el proyecto es lo que posibilitará la obtención de la licencia ambiental que autorizará la puesta en operación del relleno sanitario. Por lo tanto, además de la administración de la obra en sí, la planificación deberá incluir una gestión ambiental eficiente y responsable.

13.3.3 Proyecto ejecutivo

El proyecto ejecutivo del relleno sanitario debe ser trazado con el objeto de maximizar la vida útil del área disponible, aprovechar al máximo las características naturales del terreno, minimizar los costos de instalación, y garantizar el control adecuado y la seguridad ambiental.

Por lo general, el plazo estimado para la elaboración del proyecto ejecutivo de un relleno sanitario, que debe cumplir rigurosamente con las normas técnicas y la legislación ambiental vigente, es de 90 a 120 días.

El proyecto ejecutivo debe incluir la siguiente documentación:

- plano planialtimétrico del relleno en escala adecuada, con curvas de nivel de metro en metro, que muestre la ubicación de los accesos, los planos elevados, las construcciones y otros puntos importantes;
- resultados de las investigaciones y ensayos geotécnicos;
- resultados de los análisis de calidad de los cuerpos hídricos del entorno, incluida la napa freática;

- proyecto de los caminos de acceso y de servicio, que englobe geometría, movimiento de tierra, pavimentación y drenaje;
- proyecto de las construcciones, incluido el cálculo de los cimientos y de las estructuras, arquitectura, paisajismo, e instalaciones hidráulicas, eléctricas, de comunicación, especiales y de seguridad;
- proyectos de las redes externas de abastecimiento de agua, alcantarillado cloacal, suministro de energía eléctrica y drenaje de las aguas pluviales;
- proyecto geométrico y terrazas y terraplenes de la conformación final del relleno sanitario, con el plano de las etapas anuales de relleno y secciones transversales;
- proyecto de recolección y tratamiento del líquido lixiviado, incluidas las capas de impermeabilización inferior y superior (si las hubiera), red de drenaje del fondo, red de elevación y planta de tratamiento;
- proyecto de drenaje superficial del relleno, abarcando la caída de las plataformas, tanto para las etapas intermedias del relleno, como para la etapa final, drenaje de las bermas definitivas, caños de bajada de agua y estructuras de descarga;
- planos con la delimitación de los lotes del relleno sanitario;
- planos del sistema de captación y quema del biogás, con los respectivos cortes y detalles;
- plan de monitoreo ambiental, incluido el proyecto de los pozos de monitoreo de la napa de agua subterránea;
- manual de operación del relleno, que abarque las actividades rutinarias de disposición de residuos sólidos, incluida la operación de la planta de tratamiento de lixiviados y los cuidados del mantenimiento de la red de drenaje de aguas pluviales;
- memoria de cálculo de los estudios de estabilidad del relleno y de las construcciones; de la estructura de las construcciones; de las redes hidráulicas de drenaje superficial y profunda; de las instalaciones eléctricas e hidráulicas; de la red de captación y quema del biogás; dimensionamiento de las máquinas, vehículos y mano de obra a ser usados en la operación y mantenimiento del relleno;
- especificaciones técnicas de todos los equipos, servicios y materiales a ser ejecutados y aplicados en la obra;
- plan de clausura del relleno sanitario, incluido el plan de monitoreo ambiental después del cierre de las operaciones.

Una vez aprobado el proyecto ejecutivo, es de fundamental importancia que sea presentado a la comunidad usando un lenguaje simple y directo y los mejores recursos audiovisuales, a fin de informar a la población sobre lo que es un relleno sanitario, cuáles son las medidas de protección y control de la contaminación que se tomarán y los beneficios de la disposición adecuada de los residuos sólidos además de las medidas compensatorias para la población que vive en la región. De este modo se evita que surjan problemas en el futuro, durante la instalación o la operación del relleno sanitario.



13.3.4 Instalación del relleno

Con el proyecto ejecutivo aprobado y la autorización de instalación en mano, se inician las obras de del relleno, comenzando por el cercado, la limpieza y el raspado del terreno y de los cimientos para la instalación de la balanza de camiones (si estuviera planificado el control de peso).

Se deben ejecutar los servicios respetando las especificaciones técnicas y todas las otras condiciones detalladas en el proyecto ejecutivo, así como las exigencias de las normas técnicas, de los organismos gubernamentales encargados de las políticas laborales y de seguridad laboral, del organismo de control del medio ambiente y de la legislación ambiental en vigor, además de las normas y directrices establecidas por las concesionarias de los servicios públicos (agua, energía eléctrica, telefonía, combate de incendios y otros).

En los rellenos medianos y grandes, la secuencia de construcción es, por lo general, la que se presente abajo:

CERCADO DEL TERRENO

El cercado del terreno es necesario para dificultar la entrada de personas no autorizadas y de animales tales como perros, equinos, bovinos y porcinos. Una buena medida es levantar un cerco de aproximadamente dos metros de altura, con postes de hormigón o de madera por los que se pasa alambre galvanizado mínimamente espaciado en la parte inferior (para dificultar la entrada de animales pequeños).

A lo largo del cerco de alambre se debe plantar una barrera vegetal con un ancho mínimo de 15 metros, cuyo objetivo es impedir la visión del área de operaciones, contener las partículas en suspensión y ayudar a reducir la diseminación del olor característico de los residuos.



SERVICIOS DE LIMPIEZA INICIAL DEL TERRENO

Incluyen la retirada de la vegetación natural (desmonte y destocoamiento) a través de la tala, siega y raspado de la capa de suelo vegetal de las áreas de operación, tales como el área de relleno de los residuos domiciliarios y públicos y la de la planta de tratamiento de efluentes, preservando, en la medida de lo posible, los elementos de composición paisajística, aunque no figuren en los planos.

SERVICIOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA

Los servicios de movimiento de tierra deben respetar rigurosamente el proyecto, y el material de corte excedente debe ser acopiado en un lugar adecuado para servir en el futuro como material de cobertura de las células del relleno.

Las capas que necesiten ser compactadas deben ser humedecidas hasta alcanzar el grado de “humedad ideal”. Los servicios de movimiento de tierra terminan con la ejecución de la playa de acopio de materiales ubicada, de preferencia, cerca del área de operaciones del relleno.

CAMINOS DE ACCESO Y DE SERVICIO

Los caminos de acceso a un relleno sanitario se dividen en: externos e internos, permanentes y temporales.

Los **caminos externos de acceso** requieren, tal como se ha explicado en apartados anteriores, especial atención respecto al estado del pavimento y a la capacidad de soportar el tránsito, desde la etapa de selección de alternativas para instalación del relleno sanitario. Los caminos deben tener buenas condiciones de tránsito en todas las épocas del año, y deben contar con pavimento y señalización adecuados para garantizar la seguridad de los vehículos pesados que van a circular por ellos y la de la población que vive a sus orillas. La planificación debe considerar como prioritario el mantenimiento de los caminos a lo largo de todo el período de operación del relleno sanitario, porque es la única forma de garantizar el flujo regular de los vehículos recolectores para descargar en el relleno y, consecuentemente, las condiciones sanitarias y ambientales adecuadas.

Los **caminos de acceso internos y de servicio** deben ser construidos con pavimento primario, de ripio o escombros de obra seleccionados. La calzada debe tener caída uniforme hacia uno de los costados, para encaminar el agua de lluvia hacia el sistema de drenaje que corre a lo largo del camino.

En los rellenos de menor tamaño, los caminos internos pueden tener diversos tipos de revestimiento: polvo de ladrillo, roca decompuesta, material de demolición y productos de cantera.

El espesor recomendado para el revestimiento de los caminos internos del relleno, dependiendo del tránsito (en función del tamaño del relleno), es de 30 a 50cm, compactado en capas de 15 a 25cm.

SERVICIOS DE IMPERMEABILIZACIÓN

Una capa de 3m de suelo arcilloso ($k < 10^{-7}$ cm/s) entre el fondo del relleno y la napa freática más alta proporciona excelente protección contra la contaminación del agua



subterránea. Como esta característica es difícil de encontrar en la naturaleza, la solución técnica recomendada es recubrir el suelo con geomembranas (membranas de plástico) para impermeabilizar la base del relleno sanitario.

Los servicios de impermeabilización del fondo del relleno sanitario de residuos domiciliarios deben ser hechos inmediatamente después de retirar la capa superficial de suelo del área de operaciones y consisten, básicamente, en el tendido de la membrana de polietileno de alta densidad (PEAD) sobre suelo arcilloso compactado. Una vez instalada esa geomembrana, se la reviste con una capa de tierra para proveerle protección mecánica (contra perforación y corte por material contenido en los residuos).

Una vez que está listo este servicio de impermeabilización, se comienza hacer la interconexión de la tubería de recolección de los lixiviados. El paso de la tubería de recolección de los lixiviados por la membrana plástica debe hacerse usando una unión especial que ya viene con la membrana soldada al cuerpo del tubo.

La soldadura de los paños de la membrana debe estar a cargo de un equipo especializado, y es recomendable que sea el proveedor quien se encargue de este servicio.

En algunos casos de rellenos sanitarios de ciudades pequeñas o en terrenos cuyo suelo presenta condiciones favorables y que se encuentran a gran distancia de cuerpos de agua subterráneos, se puede impermeabilizar el fondo del relleno con una capa de arcilla compactada a un coeficiente de permeabilidad de menos de 10^{-6} cm/s y de un grosor de más de 80cm. Esta solución deberá ser corroborada por estudios técnicos específicos realizados a cargo del emprendedor y su aprobación dependerá del organismo ambiental pertinente, fundamentada en la legislación y normativas aplicables.

SERVICIOS DE DRENAJE

"En un lote de relleno, no entra agua de afuera ni sale agua de adentro sin control."

Este principio impone la instalación de tres sistemas de drenaje de líquidos:

Drenaje periférico, de interceptación, que impide que el agua de lluvia entre y que el agua contaminada en el relleno salga;

Drenaje de fondo del relleno, que conduce hacia la unidad de tratamiento los efluentes líquidos y el agua presuntamente contaminada;

Drenaje superficial, puesto en funcionamiento en la etapa de operación, que minimiza la infiltración en el relleno y, consecuentemente, reduce el arrastre de contaminantes, la cantidad del efluente líquido, y la reacción anaerobia en la masa de residuos enterrada.

Además, los caminos de acceso (permanentes o temporales) incluyen su propio drenaje que acompaña los caminos de servicio.

Siempre que sea posible, se debe hacer el drenaje de las aguas pluviales a través de zanjas excavadas en el terreno (revestidas con suelo cemento, gramíneas, etc.), y evitar el uso de tuberías enterradas.

Por otra parte, la recolección de los efluentes líquidos percolados (lixiviados) se hará por medio de conductos instalados sobre la capa de impermeabilización del fondo y dispuestos en zigzag, con conductos secundarios que conducen el lixiviado recolectado a un conducto principal. El líquido es llevado a un pozo de acopio de donde es bombeado a la planta de tratamiento, tal como se observa en la figura 121.

El lecho de los conductos puede ser de grava o piedra chancada gruesa (drenaje ciego), seguida de arena gruesa y de arena mediana, a fin de evitar la colmatación del conducto por los sólidos en suspensión contenidos en gran cantidad en el lixiviado. Las capas de arena, pueden ser reemplazadas por membranas geotextiles. Este tipo de conducto es el más usado en las líneas de drenaje secundario del relleno sanitario.

Una alternativa más eficaz es instalar, por dentro del lecho de grava, un tubo perforado de policloruro de vinilo (PVC) o PEAD. El conjunto formado por el tubo y la grava también debe estar envuelto en membrana geotextil a fin de evitar la colmatación. Este tipo de conducto se usa en las líneas principales de drenaje de los líquidos percolados del relleno sanitario.

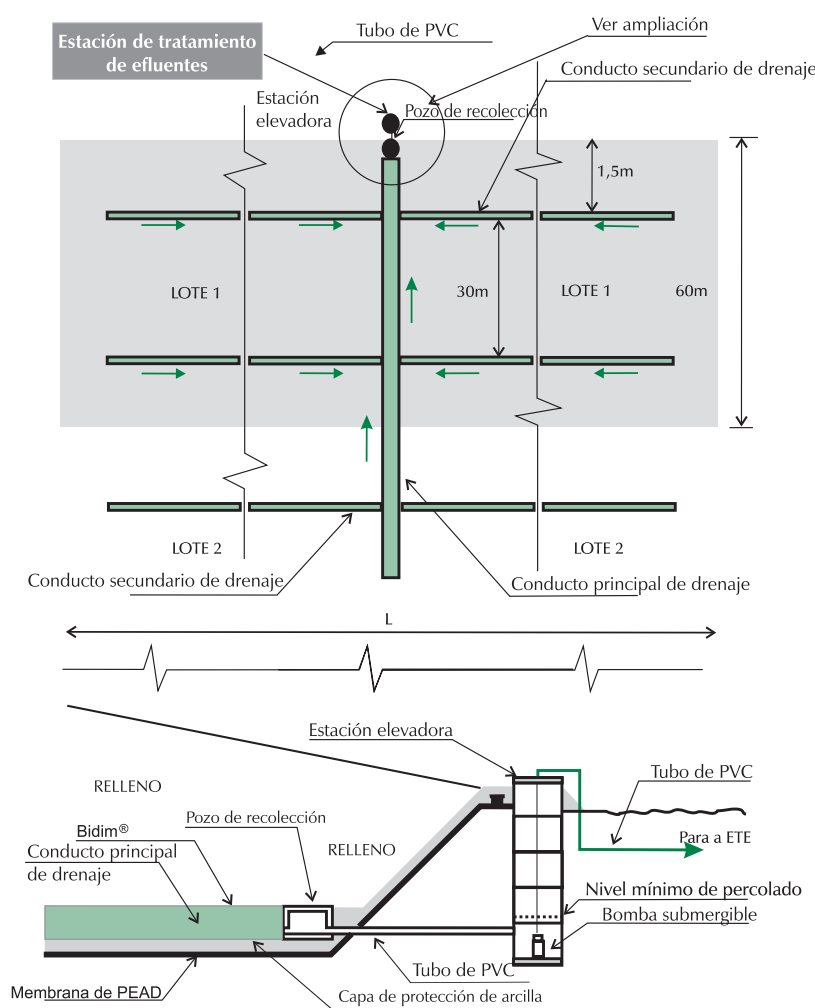


Figura 121 - Sistema de drenaje de lixiviados



La siguiente figura muestra la sección transversal de estos dos tipos de conductos subterráneos.



Figura 122 - Tipos de conductos subterráneos de lixiviados

INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE LÍQUIDO

La definición y el dimensionamiento del mejor tratamiento de lixiviados en un relleno específico, exigen el estudio previo de las características del efluente real generado en el relleno sanitario. Esto no impide, sino que, por el contrario, exige que el proyecto del relleno sanitario incluya el tratamiento inicial (primario, por lo menos) y una laguna terminal de control, antes del desagüe en el cuerpo receptor.

El proceso de tratamiento de efluentes líquidos puede ser: biológico, fisicoquímico, físico, térmico, y mixto (procesos combinados).

Un proceso de bajo costo que puede usarse consiste en la recirculación del efluente líquido por la masa de residuos enterrada, cuya descomposición tiende a intensificarse con la adición de los microorganismos contenidos en el efluente. Al mismo tiempo, la masa de residuos funciona como medio de filtración y reduce la carga contaminante del efluente recirculado. Otra ventaja es la reducción del volumen del efluente a ser tratado, por la evaporación producida por la acción del sol y del viento.

Por consiguiente, las obras del sistema de tratamiento de efluentes líquidos incluirán, por lo menos, la ejecución de las instalaciones y dispositivos de recirculación de los lixiviados, el pozo de acopio y la planta de tratamiento primario.



Figura 123 – Laguna para tratamiento del lixiviado

OBRAS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

Las obras de construcción civil incluyen la ejecución de los cimientos y de la superestructura de los edificios de apoyo y de la planta de tratamiento.

Es muy importante, al planificar la ejecución de la obra, verificar nuevamente la ubicación de esas instalaciones, puesto que es la última oportunidad de hacer modificaciones a fin de adecuarlas a alguna condición del terreno que pueda haber pasado inadvertida durante la elaboración del proyecto ejecutivo. Como en toda obra de cierta envergadura, es necesario hacer notar que a menudo se deben hacer ajustes debido a dificultades verificadas en campo, que obligan a modificar, por ejemplo, el trazado de caminos internos, que pueden interferir en la ubicación de las unidades de apoyo.

Toda modificación o ajuste del proyecto debe ser, de preferencia, ejecutado por la empresa proyectista o, por lo menos, se la debe consultar al respecto, ya que ella concentra toda la información y el conocimiento técnico del contexto total del emprendimiento. Es recomendable que el proyectista acompañe toda la ejecución técnica de la obra.

MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

El montaje de la balanza debe obedecer rigurosamente las instrucciones del fabricante, y se debe nivelar perfectamente las plataformas de pesaje. Una vez montada, se debe calibrar la balanza de forma oficial, con la presencia del equipo de fiscalización.

La balanza de camiones debe, obligatoriamente estar montada sobre pilotes, a fin de evitar que las plataformas de pesaje se asienten y se desnivelen.



EXCAVACIÓN DE LOS POZOS DE MONITOREO AMBIENTAL

Se deben excavar por lo menos tres pozos de monitoreo, uno aguas arriba y dos aguas abajo del área de operaciones del relleno sanitario, con las características ilustradas en las figuras 124 y 125.

También se deben monitorear las aguas superficiales, en puntos del cuerpo de agua superficial situados aguas arriba y aguas abajo del área de influencia del relleno sanitario.

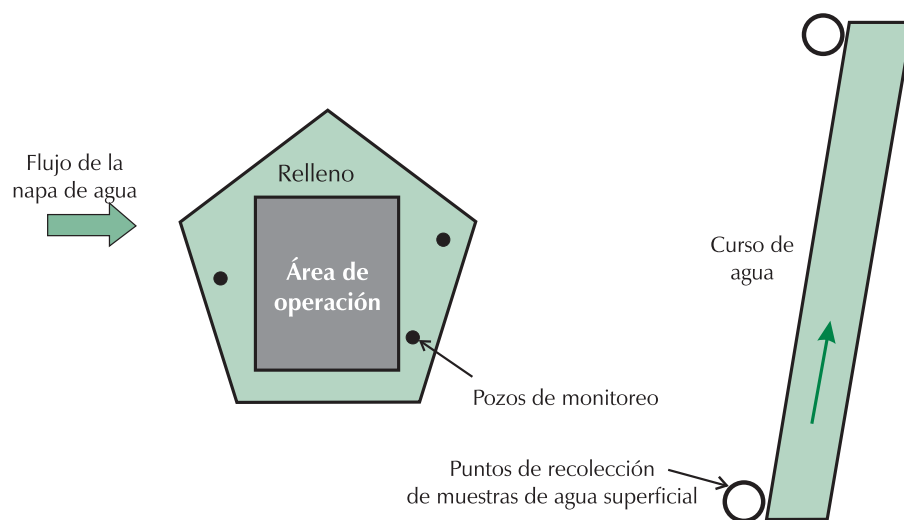


Figura 124 - Ubicación de los pozos de monitoreo ambiental

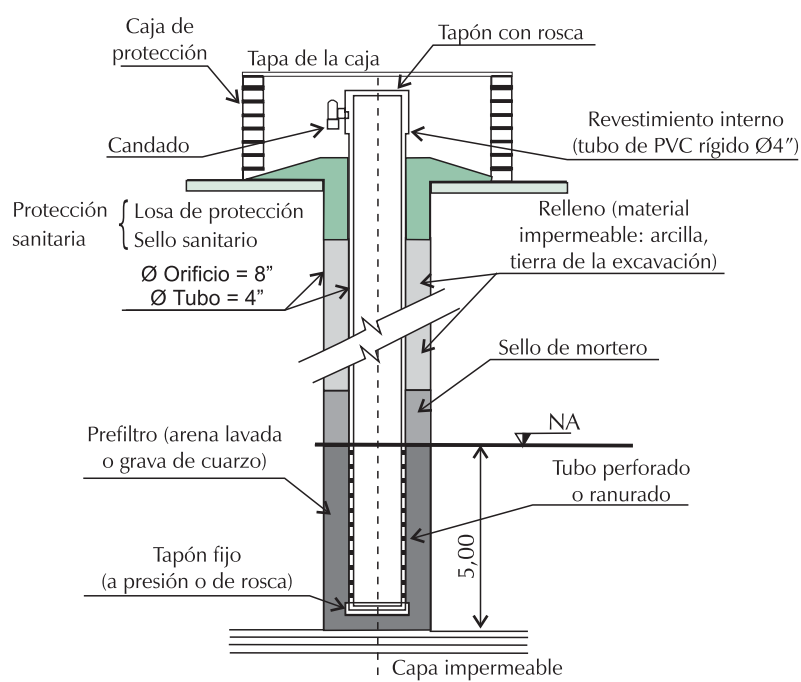


Figura 125 - Perfil esquemático del pozo de monitoreo

SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

Son los servicios de acabado final del área del emprendimiento e incluyen los servicios de paisajismo y limpieza general.

Dependiendo de la ubicación del emprendimiento, la adquisición de materiales y maquinaria puede ser una ardua tarea. Los materiales de construcción civil deben ser adquiridos de los proveedores tradicionales del mercado que se encuentren, de ser posible, en las cercanías de la obra.

Respecto a la maquinaria y los vehículos necesarios para ejecutar las obras, deben ir llegando al obrador de acuerdo con el cronograma de la obra.

13.3.5 Operación de los rellenos sanitarios

Una vez terminadas las obras de instalación y obtenida la autorización de operación, el relleno sanitario puede empezar a recibir las cargas de residuos, que deberán obedecer a un plan de operaciones previamente establecido.

El plan de operaciones debe ser simple y contemplar todas las actividades rutinarias que se llevan a cabo en un relleno sanitario de modo de garantizar que la operación sea segura.

Abajo están enumeradas las actividades básicas de los rellenos sanitarios:

CONTROL DE LOS RESIDUOS

Al entrar al relleno, el vehículo recolector se dirige directamente a la balanza de camiones en donde se lo pesa y se registra toda la información relativa a la carga. Si no hubiera balanza, el vehículo se dirige a la garita de entrada en donde el encargado anota los datos que identifican al camión y la carga de residuos, incluido el cálculo de peso (o volumen) que está entrando. Luego, el vehículo se dirige al área de operaciones para descargar los residuos.

OPERACIONES DEL RELLENO

Al definir el método de construcción del relleno, se deben tener en cuenta tres factores principales:

- topografía;
- tipo de suelo;
- profundidad a que se encuentra la napa freática.



Usualmente se usan tres métodos de construcción, que se definen en función de la concepción de la instalación del relleno sanitario y, en último caso, de las condiciones particulares del terreno seleccionado. Los métodos de construcción son:

Método de trinchera o de zanja - es la técnica más adecuada en terrenos planos o con poca pendiente en los que la napa freática se encuentre a mayor profundidad.

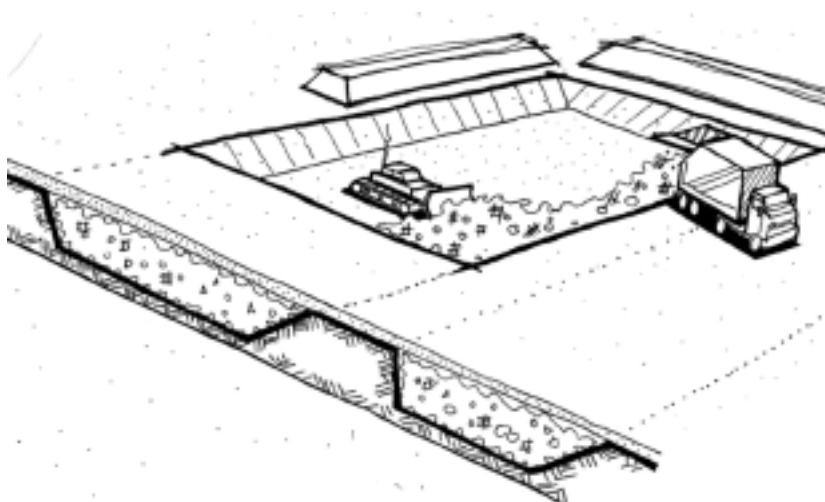


Figura 126 - Método de zanja

Método de rampa - indicado cuando el área del relleno es plana, seca y con tipo de suelo adecuado para ser usado como material de cobertura de los residuos. La existencia de un terraplén natural en el que se apoyarán las células da nombre al método de construcción.

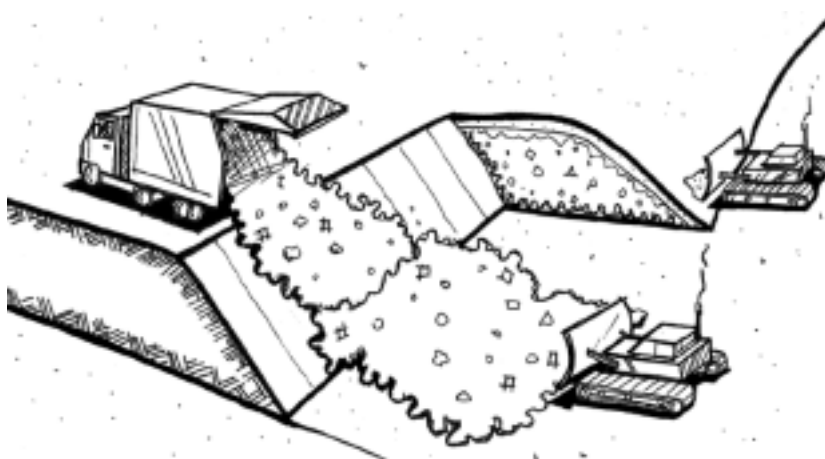


Figura 127 - Método de rampa

Método de área - es la técnica más adecuada en áreas totalmente planas, en la que se ejecuta primero una berma ("terraplén" artificial) de suelo arcilloso, para apoyar las primeras células de residuos. De ahí en más, los procedimientos son iguales a los del método de rampa.

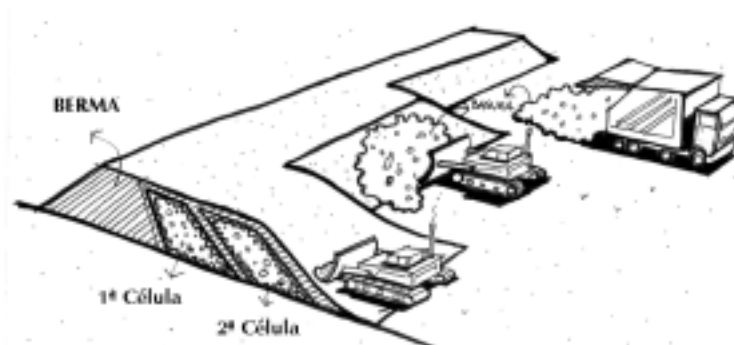


Figura 128 – Método de área

Los procesos de disposición de los residuos sólidos son casi idénticos en los tres métodos.

Las reglas básicas de operación de un relleno sanitario son:

- la distribución y compactación de los residuos debe hacerse, siempre que sea posible, de abajo hacia arriba, a fin de lograr mejores resultados;
- para obtener una buena compactación, se deben distribuir los residuos en capas no muy gruesas y dar de tres a seis pasadas con el tractor sobre la masa de residuos de cada capa;
- la altura de la célula debe ser de cuatro a seis metros para obtener las mejores condiciones de descomposición de los residuos enterrados;
- la inclinación usual de los taludes de operación es de un metro de base por metro de altura en las células en actividad y de tres metros de base por metro de altura en las células ya terminadas;
- el espesor ideal de la capa de suelo de cobertura es de 20 a 30cm para el recubrimiento diario de los residuos;
- la capa final de material de cobertura debe tener por lo menos 50cm de espesor;
- el ancho de la célula debe ser el menor posible, pero debe permitir la descarga simultánea de una cantidad de camiones recolectores a ser determinada en función de la capacidad del relleno sanitario (o de la demanda de la recolección) para que no se formen filas ni se retrase la recolección.

Los diferentes procedimientos que deben realizarse después de la ejecución de las células que componen cada uno de los lotes de operación del relleno sanitario, en cada uno de los niveles (capas superpuestas) son:

- preparación del frente de trabajo compuesto por una playa de maniobras con pavimento primario, de tamaño suficiente como para que el vehículo pueda descargar los residuos y hacer la maniobra de giro para regresar;
- cubierta de la parte superior de la célula, con una caída del 2% hacia los bordes, y de los taludes internos, con la capa provisoria de suelo de 20cm de espesor;
- cubierta de los taludes externos con la capa definitiva de arcilla de 50cm de espesor;
- algunos días antes de completar la célula 1, preparar el frente de trabajo, con



las mismas características que el primero, para la descarga de los residuos en la célula 2;

- a medida que la célula 1 se va llenando, se debe ir construyendo progresivamente el drenaje de los gases;
- repetir las operaciones de llenado de la célula anterior y preparación de la célula siguiente hasta que todo el lote 1 esté relleno;
- repetir las operaciones para rellenar los lotes 2, 3 y así sucesivamente hasta completar todo el nivel inferior;
- llenar la célula 1 del nivel superior ejecutando la misma secuencia de operaciones usada en el nivel inferior;
- al enterrar las células del último nivel, hacer la cobertura final de la célula completada con una capa de arcilla compactada de 50cm de espesor, con una caída del 2% en hacia los bordes;
- repetir la secuencia de operaciones hasta que estén rellenos por completo todos los lotes de todos los niveles.

TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

La principal característica del efluente líquido de un relleno sanitario es la variabilidad de su composición, debido al agotamiento progresivo de la materia orgánica biodegradable. Por consiguiente, el alto potencial contaminante del “lixiviado novo” se reduce paulatinamente, en un plazo de 10 años, hasta llegar a un nivel que no necesita tratamiento.

La tabla 24 muestra el rango de variación de algunos parámetros de líquidos percolados de rellenos sanitarios del Brasil, presentados a modo de ejemplo de la dificultad que se enfrenta para preestablecer con seguridad el tipo de efluente que será producido en un relleno sanitario. Esto se debe a que el tipo de efluente depende de las características de los residuos (y de las sustancias que los constituyen) que serán dispuestos en el relleno y de una serie de factores específicos que influyen en el proceso de descomposición de la masa de residuos orgánicos.

Tabla 24

Rango da variación de la composición de lixiviados		
Parâmetros	Rango de variación	
	Mínimo	Máximo
pH (un.)	5,9	8,7
Nitrógeno total - Kjeldahl	15,0	3.140,0
Nitrógeno nitrato	0,0	5,5
Nitrógeno nitrito	0,0	0,1
Nitrógeno amoniacal	6,0	2.900,0
DQO	966,0	28.000,0

Tabla 24 (cont.)

Parámetros	Rango de variación	
	Mínimo	Máximo
DBO5	480,0	19.800,0
Cloruros	50,0	11.000,0
Sulfatos	0,0	1.800,0
Fósforo total	3,7	14,3
Cobre	0,0	1,2
Plomo	0,0	2,3
Hierro	0,2	6.000,0
Manganeso	0,1	26,0
Zinc	0,1	35,6
Cádmio	0,0	0,2
Cromo total	0,0	3,9
Coliformes fecales (un.)	49,0	4,9 x 10 ⁷
Coliformes totales (un.)	230,0	1,7 x 10 ⁸

Fuente: Compilación de datos / COMLURB (Rio de Janeiro - Brasil), 1993.

Nota: Todas las unidades están en mg/l, excepto en donde se indica otra unidad.

El volumen de los líquidos percolados producidos en un relleno sanitario varía estacionalmente en función de las condiciones climáticas de la región y del sistema de drenaje local, y sufre la influencia de la temperatura, del índice de precipitación pluviométrica, de la evapotranspiración, de la existencia de material de cobertura para las células, de la permeabilidad del material de cobertura usado, de la cobertura vegetal del área del relleno sanitario y de muchos otros factores.

Una forma de calcular el caudal de efluentes líquidos en rellenos sanitarios es a través de la correlación directa con la generación de percolados obtenida por medición directa en rellenos similares, ya en operación, situados en regiones con condiciones climáticas similares, aunque se puedan producir algunas distorsiones.

Otro procedimiento es el llamado "método suizo", que correlaciona, a través de una ecuación matemática, el caudal de líquidos percolados de un relleno sanitario con el área de operaciones y la precipitación pluviométrica anual, con un factor que depende de las particularidades del terreno. Otro procedimiento, más complejo, es el que calcula la producción de líquidos percolados de un relleno sanitario a través del equilibrio hídrico.

Lagunas de estabilización

Una de las formas de tratamiento más usual es la que hace uso de lagunas en las que se descargan el efluente lixiviado después de pasar por una rejilla manual o una criba



mecánica y de permanecer durante por lo menos 24 horas en un tanque de ecualización para homogeneizar al máximo su composición. La figura siguiente presenta un esquema típico de tratamiento de lixiviados por lagunas aeróbicas.

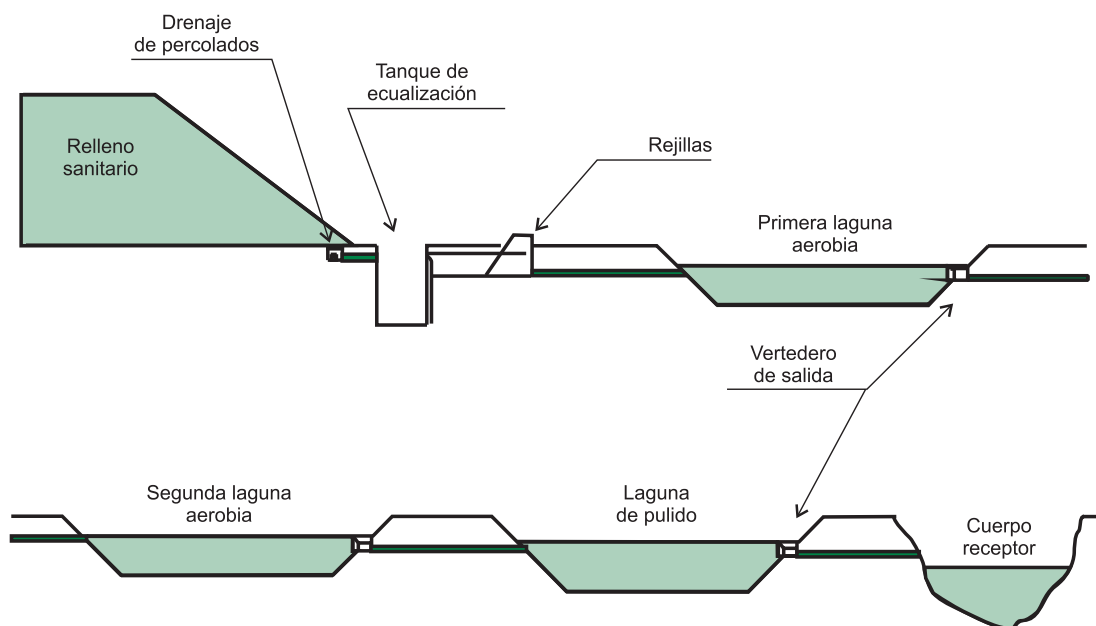


Figura 129 - Tratamiento en lagunas aerobias

Es conveniente que en el tanque de ecualización se instale un conjunto de aeración superficial para mejorar la homogenización de la masa líquida y también para mejorar las condiciones aeróbicas del efluente a ser tratado.

Por lo general, las lagunas aerobias de estabilización tienen las siguientes características básicas:

- forma - troncopiramidal;
- profundidad - 1,5 metro;
- tiempo de retención - 25 días, como mínimo.

La entrada a esas lagunas debe hacerse a través de una tubería doble para mejorar el flujo hidráulico del efluente líquido dentro de la laguna y evitar zonas muertas y vías de cortocircuito. La salida del efluente debe hacerse por vertederos de altura ajustable, para asegurar el tiempo mínimo de permanencia del lixiviado en el interior de las lagunas cualquiera sea el caudal afluente.

En esa serie de lagunas, el efluente recibe un pulido final en una laguna pequeña, que también es aerobia y tiene las mismas características físicas de las dos anteriores, pero con capacidad de retener el efluente durante siete días.

Se deben tratar los márgenes de las lagunas para evitar que crezca vegetación en la interfase aire - efluente, pues esta vegetación sirve de abrigo a mosquitos y a otros vectores.

Además, se debe retirar el lodo periódicamente, para no afectar la eficiencia del tratamiento.

El lodo retirado debe ser puesto a secar en un lecho de secado y llevado luego de vuelta al interior del relleno sanitario, mientras que la fracción líquida puede ser desechada directamente en el cuerpo receptor.

Para definir el tipo de tratamiento a usar, la forma más correcta es mediante un estudio en banco de laboratorio de las características del efluente líquido. No es aconsejable usar solo datos bibliográficos en el dimensionamiento de las unidades de tratamiento.

La medición del caudal del efluente líquido debe ser efectuada por lo menos en dos puntos del sistema de tratamiento:

- inmediatamente después del pozo de acopio o inmediatamente antes del tanque de ecualización
- inmediatamente antes del lanzamiento al cuerpo receptor

El efluente bruto y el efluente tratado deben ser monitoreados periódicamente.

Recirculación

Otra forma común de tratamiento de los efluentes líquidos percolados de un relleno sanitario es mediante su recirculación al interior de la masa de residuos usando aspersores, camión cisterna o lechos de infiltración.

En este proceso, el efluente líquido va perdiendo su toxicidad (carga orgánica, básicamente), por la aireación y por la acción biológica de los microorganismos presentes en la masa de residuos.

Además, parte del efluente recirculado se evapora, por lo que es importante que las boquillas aspersoras sean reguladas para trabajar como vaporizadores, a fin de aumentar la tasa de evaporación.

Debido a que la evaporación es un factor importante en la recirculación del lixiviado, este proceso es indicado para regiones con balance hídrico negativo. Es decir, en regiones en las que el índice de evaporación es mayor que el de precipitación pluviométrica. También puede ser usado en otras regiones, durante la época seca, como procedimiento auxiliar del método en uso.

Otro importante punto a ser destacado son las dimensiones del pozo de acopio del lixiviado, que debe tener capacidad suficiente para almacenar una gran cantidad de este líquido, a fin de evitar que la bomba de recirculación se ponga en funcionamiento a intervalos muy cortos.

Lo ideal es que esté proyectado para almacenar la producción de lixiviados de un día durante la época de lluvias, permitiendo que la recirculación se efectúe solo una vez por día y, de preferencia, en el período de ocho horas en que el operador se encuentra en el área del relleno sanitario.

Las desventajas de este proceso están relacionadas con el gran consumo de energía eléctrica, y con la dependencia de un buen suministro de energía, y del buen funcionamiento del conjunto de la motobomba, puesto que, en caso de falla del



suministro de energía o falla de la bomba de recirculación, el efluente bruto será inevitablemente desaguado en algún cuerpo de agua, y producirá daños al medio ambiente.

Lo ideal es que la recirculación sea un procedimiento complementario de uno de los procesos de tratamiento convencional del efluente líquido, como las lagunas de estabilización o el sistema de lodos activados.

La siguiente figura muestra un sistema de recirculación por lecho de infiltración.

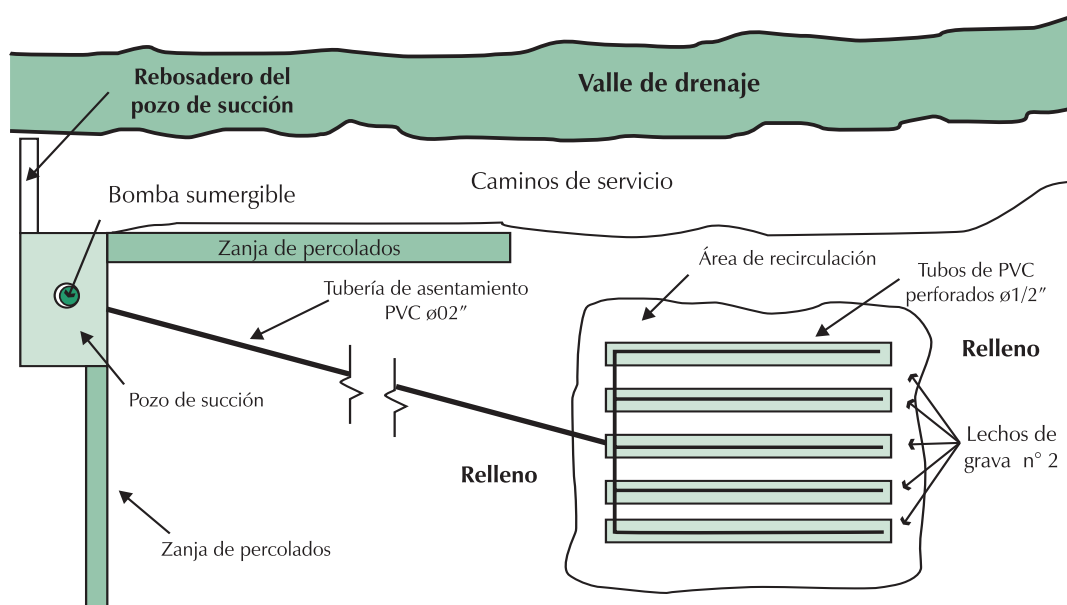


Figura 130 - Recirculación por lecho de infiltración

Lodos activados

Otros procesos que pueden ser usados en el tratamiento de líquidos percolados de un relleno sanitario son el sistema de lodos activados y la evaporación.

En el sistema de lodos activados, el efluente líquido pasa por un tratamiento preliminar que, por lo general, consiste en una cámara de rejillas, y es posteriormente encaminado a un decantador primario, en donde se sedimentan los sólidos. Luego, es encaminado a un tanque de aeración, donde los aereadores, normalmente superficiales, inyectan aire en la masa líquida, para que las bacterias aerobias realicen la estabilización de la materia orgánica, generando un lodo secundario que permanece en suspensión.

El efluente del tanque de aeración pasa a un decantador secundario, donde se precipita el lodo generado anteriormente. Una fracción de ese lodo retorna al tanque de aeración, mientras que el resto del lodo depositado se junta al lodo del decantador primario, y pasa a un lecho de secado. El lodo seco es encaminado de vuelta al relleno para su disposición.

Después del decantador secundario, la fracción no líquida va a una laguna de pulido, semejante al del proceso de lagunas aerobias, desde donde es lanzada al cuerpo receptor.

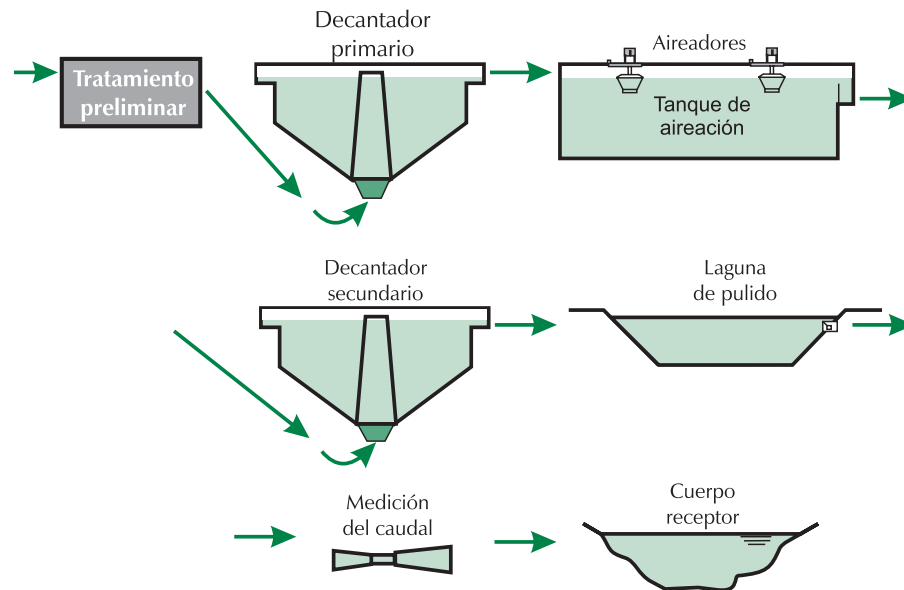


Figura 131 - Lodos activados

Evaporación

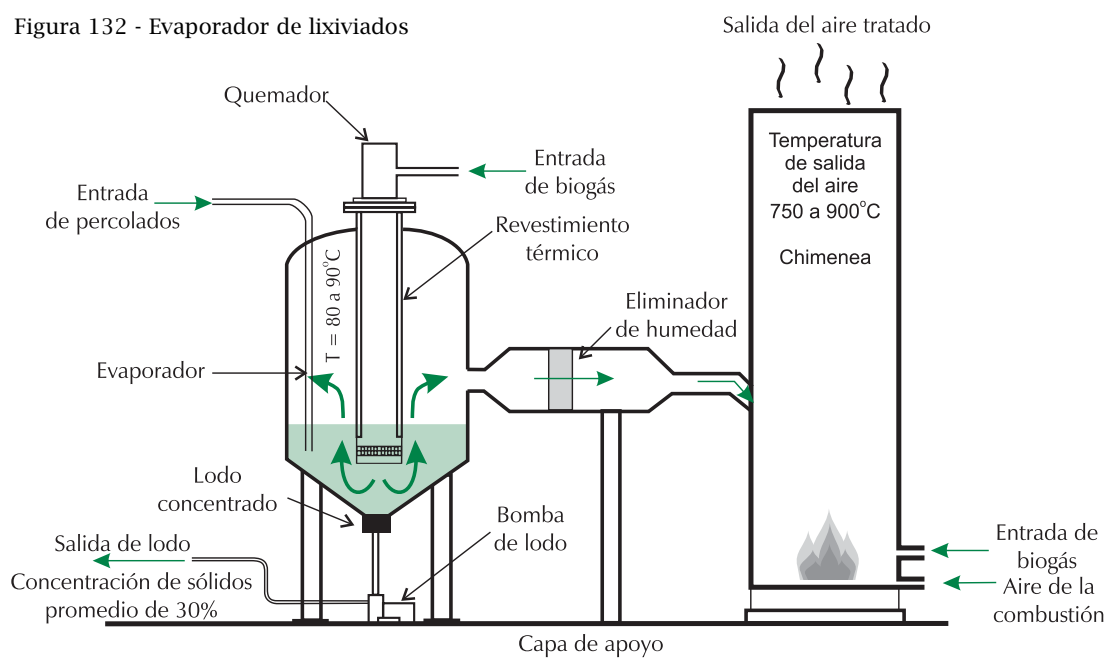
Por otro lado, en el proceso de evaporación, el efluente líquido es enviado a un tanque metálico, el evaporador, donde es calentado a una temperatura de 80 a 90°C, lo que hace que una parte de la fracción líquida se evapore, de modo que se concentra el contenido de sólidos.

El vapor caliente, al salir del evaporador, pasa por un filtro que retiene la humedad y sigue hacia una cámara de calentamiento final, de donde es lanzado, seco, a la atmósfera.

El lodo, ya más denso, con un 30% de material sólido, sale por la parte inferior del evaporador y es dispuesto en el relleno.

La gran ventaja de este proceso es su bajo costo de operación, ya que el combustible usado para evaporar el efluente líquido es el biogás captado en el mismo relleno sanitario.

Figura 132 - Evaporador de lixiviados





Cualquiera que sea la alternativa de tratamiento seleccionada, el efluente debe obedecer todos los estándares de lanzamiento impuestos por el órgano de control ambiental.

SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES

El sistema de drenaje debe ser mantenido limpio y sin obstrucciones, principalmente los conductos subterráneos.

Como el relleno sanitario se construye con el depósito de residuos sólidos constituidos en su mayor parte por material orgánico, el proceso de descomposición que ocurre en esta masa a lo largo del tiempo, provoca el asentamiento frecuente de la superficie.

Es importante acompañar permanentemente estos movimientos en el macizo del relleno y en los bordes y taludes, de forma de corregir con rapidez los efectos perjudiciales sobre los dispositivos de drenaje pluvial.

DRENAJE DE GASES

El sistema de drenaje de gases está compuesto por pozos verticales, a una distancia de 50 a 60m entre uno y otro, llenos de grava o piedra chancada gruesa.

Existen dos métodos de ejecución del drenaje de gas: subiendo el conducto a medida que el relleno evoluciona (recomendable) o excavar la célula terminada para instalar el conducto, dejando una guía para cuando se trabaje en un nivel superior.

Una vez abierto el pozo, el suelo a su alrededor, en un radio de aproximadamente dos metros, debe ser cubierto con una capa de arcilla de cerca de 50cm de espesor, para evitar que el gas se disperse en la atmósfera.

En la boca del pozo se debe instalar un quemador. El sistema de drenaje de gases debe ser permanentemente fiscalizado, para mantener los quemadores siempre encendidos.



Figura 133 - Ejecución de los pozos de drenaje de gas

MONITOREO AMBIENTAL

El monitoreo de los cuerpos de agua del entorno del relleno sanitario debe comenzar antes de la puesta en operación, con la colecta y análisis de muestras de los cuerpos de agua próximos, incluida la napa freática, para evaluar su calidad y poder hacer comparaciones en el futuro.

El segundo momento de monitoreo ambiental es cuando se empieza a acopiar para tratamiento el efluente líquido generado en el relleno sanitario, y también los gases.

La frecuencia de muestreo y los parámetros a ser analizados, deben ser establecidos de conformidad con las normas establecidas por el órgano de control ambiental.

Ejemplo de un programa de monitoreo ambiental:

- Mensualmente, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del sistema de tratamiento, de los efluentes bruto y tratado, incluidos ensayos de pH, DBO, DQO, residuos sedimentables, totales y fijos, y colimetría.
- Trimestralmente, análisis de los pozos de monitoreo construidos y de los lugares de muestreo de los cuerpos de agua de superficie, aguas arriba y aguas abajo del relleno sanitario, analizando los mismos parámetros.

MONITOREO GEOTÉCNICO Y TOPOGRÁFICO

Todo el trabajo de llenado de las células del relleno sanitario debe ser acompañado topográficamente, hasta la ejecución de la inclinación de la superficie final de acabado. También debe hacerse un acompañamiento topográfico cuidadoso de la ejecución de la inclinación de los drenajes de líquidos percolados, de modo que se asegure su perfecto desagüe después de recolectado.

Además de estos acompañamientos ejecutivos, deben instalarse algunos marcos de concreto en los frentes de trabajo, con miras a calcular el asentamiento diferencial de las capas enterradas. Estos marcos deben ser leídos mensualmente, y se debe aumentar la frecuencia de lectura si hubiera asentamientos importantes. La lectura de estos marcos también servirá para verificar la estabilidad geotécnica del relleno sanitario, a través de la medición de su desplazamiento horizontal.

13.3.6 Equipos usados

Las máquinas y vehículos normalmente empleados en las operaciones de un relleno sanitario son:

- tractor topador para distribución, compactación y recubrimiento de los residuos;
- camión volquete para transporte del material de cobertura y del material de recubrimiento de los accesos internos;



- pala mecánica para cargar los camiones;
- retroexcavadora para apertura y mantenimiento de las zanjas de drenaje;
- camión cisterna para abastecimiento de agua, para reducir el polvo en los caminos internos y humedecer los residuos más livianos (papeles, plásticos etc.) para evitar que se desparramen.

La escasez de recursos financieros, la dificultad de conseguir mano de obra especializada para el mantenimiento y la inexistencia de un sistema de entrega inmediata de repuestos son factores que no se puede dejar de tener en cuenta al seleccionar la maquinaria. El método de operación del relleno sanitario es el principal factor determinante de la selección y el dimensionamiento de la maquinaria necesaria para la operación de los rellenos.

Puesto que en ellos se concentran los gastos operativos más importantes de un relleno sanitario, hay que establecer un riguroso control sobre esas máquinas y vehículos, no solo en relación a las horas trabajadas y el desgaste de los componentes, sino también con respecto a la correcta operación durante las tareas cotidianas, a fin de optimizar su uso y minimizar los procedimientos improductivos.

13.4 Rellenos controlados

Por todo lo que ya se ha explicado anteriormente sobre rellenos sanitarios, desde la fase de proyectos e instalación hasta la operación de disposición final de los residuos sólidos urbanos, se puede apreciar la variedad de componentes tecnológicos que hay que tener en cuenta y los recursos que es necesario asignar, no solo para afrontar la instalación sino también para mantenerlo en funcionamiento de conformidad con todos los requisitos técnico operativos y las normas y leyes aplicables.

En los países de América Latina y el Caribe la escasez de recursos públicos y la gran demanda componen un escenario de dificultades que limita la posibilidad de implementar rellenos sanitarios a unos pocos municipios. Además, se debe tener en cuenta también que, aunque se consiguieran los recursos financieros para implementar este tipo de unidades, difícilmente se conseguirían los recursos materiales suficientes y la mano de obra capacitada para que la operación satisfaga las rigurosas exigencias técnicas atinentes a un relleno sanitario.

No obstante, a pesar de todos estos obstáculos, es necesario encarar este problema que tiene tan graves consecuencias sobre las condiciones sanitarias y ambientales de las ciudades. En este contexto, surge la alternativa del “relleno controlado”, tipo de relleno que a menudo es mal comprendido o mal definido, incluso por parte de la propia comunidad técnica, cuando fija aspectos puntuales de proyecto para definirlo, en vez de encarar el conocimiento conceptual más amplio del término.

Por consiguiente, la definición más adecuada de relleno controlado es:

“**Relleno controlado** es una variante del relleno sanitario en la que los rigurosos requisitos técnicos se flexibilizan a fin de posibilitar la disposición final de los residuos sólidos urbanos en el suelo, debidamente aislados y recubiertos, de forma

que se cumpla con los mínimos requisitos de control sanitario, a través de la selección de un terreno con características naturales que permitan minimizar el riesgo de impactos negativos sobre el medio ambiente.”

Es decir que la clave del éxito de un proyecto de relleno controlado es la selección del terreno en que será instalado, cuyas características principales deben ser: suelo poco permeable (arcilloso) y napa freática profunda (por lo menos 3 metros por debajo del nivel del terreno natural).

Si el tipo de suelo no fuera adecuado, el proyecto del relleno controlado debe prever la colocación de una capa impermeabilizante, de por lo menos 50cm de espesor, de suelo arcilloso importado del yacimiento más cercano.

Las células del relleno controlado también se construyen con capas de residuos compactadas, pero sin usar necesariamente maquinaria especializada (tractor topador, compactador de residuos autopropulsado), es decir, los residuos pueden ser dispuestos por medio de equipos más livianos o herramientas manuales, siempre que se observe la cobertura rutinaria con tierra.

Normalmente, los rellenos controlados se instalan en ciudades más pequeñas, que recolectan hasta 50t/día de residuos urbanos, en municipios que no están en condiciones económicas para, por ejemplo, mantener un tractor topador exclusivo y permanentemente asignado a la disposición final de residuos, o para implementar, operar y mantener algunos de los sistemas requeridos por las normas que rigen los rellenos sanitarios.

Entre estos sistemas, el que constituye el principal problema para estas municipalidades es el tratamiento de los efluentes líquidos. En consecuencia, es necesario tener cuidados especiales con el proyecto de drenaje pluvial en los rellenos controlados, ya que cuanto más eficiente sea este sistema, menor será la producción de efluentes líquidos del relleno. A este respecto también es importante que el material de cobertura de los residuos sea tierra arcillosa. Asimismo, se deberá prestar atención especial al revestimiento de la plataforma superior, cuando el relleno alcance su cota máxima.

No hay una definición exacta de “relleno controlado”, que varía desde una instalación muy sencilla, hasta otras similares a los rellenos sanitarios. El relleno controlado tiene por objeto posibilitar a los municipios con poca capacidad de inversión y presupuestaria la operación de disposición de residuos sólidos urbanos y garantizar la eliminación, a corto plazo y a bajo costo, de la agresión ambiental y social de los basurales o vertederos, de acuerdo con el principio de que *“lo ideal es enemigo de lo bueno”*.

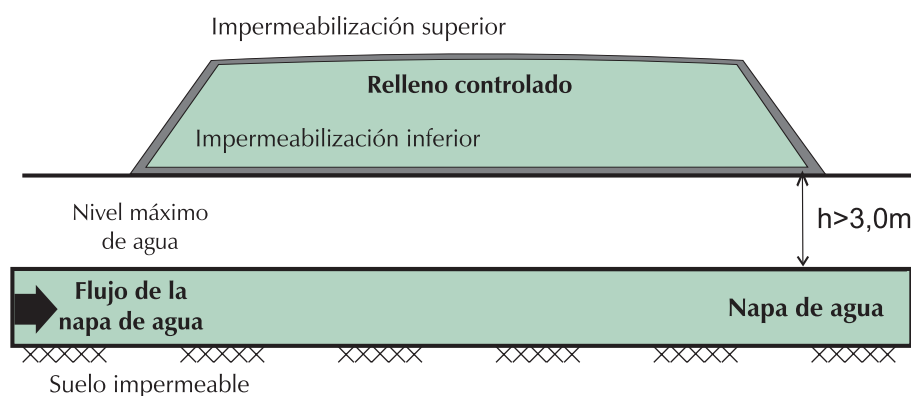


Figura 134 - Sección transversal de un relleno controlado



Una de las exigencias de los rellenos sanitarios es la presencia permanente de maquinaria especializada para la distribución, compactación y recubrimiento de los residuos. Esto les resulta prácticamente imposible a la mayoría de los municipios pequeños de América Latina y el Caribe, debido a las limitaciones presupuestarias y al prolongado tiempo muerto de los equipos en función de la pequeña cantidad de residuos a disponer, a lo que se agrega la carencia de máquinas y equipos en otros servicios municipales.

En estos municipios, el relleno controlado admite algunas soluciones alternativas, tales como el uso periódico y programado de máquinas de otros sectores de la municipalidad, como por ejemplo las que se usan en la conservación de los caminos, en la preparación del frente de trabajo semanal.

Así, por ejemplo, una retroexcavadora podría excavar previamente las trincheras que constituirán las futuras células de residuos, en terrenos cuyas características permitan ejecutar este método de construcción de relleno de residuos sólidos. El material generado por la excavación será acopiado en un lugar cercano para servir, más tarde, como cobertura. Una alternativa adecuada para municipios pequeños es hacer la operación de relleno con herramientas manuales de fácil adquisición. En este caso, la compactación complementaria puede ser hecha por el tránsito de los vehículos recolectores sobre el área rellenada, a medida que la célula avanza.

Cuando no es posible garantizar ni siquiera esta participación esporádica y programada de maquinaria para afrontar las demandas de servicio más pesado de la rutina del relleno (tal como la excavación del suelo), la selección del terreno para instalar el relleno controlado adquiere una importancia fundamental para el buen funcionamiento del emprendimiento. Lo ideal, en este caso, es una pequeña depresión natural seca.

Los servicios de distribución y recubrimiento se hacen a mano, tal como se describe a continuación.

Usando azadas, mazos, rastrillos, horquetas u horquillas se pueden distribuir los residuos y nivelar las superficies superior y lateral en taludes de 1:1.

El recubrimiento de los residuos se debe hacer diariamente, al fin de la jornada laboral.

Se puede hacer la compactación de los residuos con mazos.

Se recomienda la operación totalmente manual para un volumen diario de residuos de hasta 40m³ o, aproximadamente, 10t/día.



Figura 135 - Compactación manual de la basura en la célula

En la operación manual de un relleno es indispensable que el personal encargado de distribuir y recubrir los residuos, además de las herramientas adecuadas, disponga de vestimenta, calzado y guantes que garanticen su protección y seguridad. Los días de lluvia deben usar impermeables de plástico.

13.5 Recuperación ambiental de basurales

Tal como se ha explicado anteriormente, el “basural” es una forma inadecuada de disposición de los residuos sólidos urbanos porque produce una serie de impactos negativos en el ambiente y acarrea riesgos sanitarios a la población.

Por consiguiente, deben recuperarse las áreas degradadas por los basurales o vertederos, para contener esos impactos y restablecer las condiciones de salubridad del lugar.

Teóricamente, se puede proponer que la forma correcta de recuperar un terreno degradado por un basural sería recoger todos los residuos depositados inadecuadamente y transferirlos a un relleno sanitario, para luego recuperar el área excavada rellenándola con suelo natural de la región. Pero en la práctica, por lo general, este procedimiento no es económicamente factible, además de que la mayor parte de las veces es imposible ponerlo en práctica debido a las características físicas propias del lugar en que esos vertederos se encuentran.

Un punto que merece ser destacado se refiere al contexto estratégico de la recuperación ambiental del basural:

- el área será recuperada a partir del momento en que se cierren las operaciones de vertido de residuos en el lugar, o
- el área será recuperada de modo tal que esté en condiciones de continuar recibiendo cargas de residuos, sobre bases sanitaria y ambientalmente adecuadas.

El análisis de estas alternativas es fundamental para encauzar de forma adecuada la disposición final de los residuos sólidos, puesto que es siempre recomendable, especialmente en ciudades con pocos recursos financieros, que se aúnen las inversiones en recuperación ambiental del área con la creación de una infraestructura de servicios y protección ambiental en el mismo lugar, que permita continuar disponiendo los residuos en condiciones sanitarias.

Esto evitaría que la municipalidad produjera un impacto negativo en una nueva área “virgen” antes de agotar la capacidad de disposición de residuos (vida útil) del área que servía de basural. Otro punto que hay que tener en cuenta es la disponibilidad de recursos: a menudo, al no estar en condiciones económicas de llevar a cabo dos obras, es decir, la recuperación del área degradada del antiguo vertedero y la implementación de un nuevo sistema de disposición final en otro lugar, la municipalidad opta naturalmente por concretar la segunda y deja de lado el rescate del pasivo ambiental ocasionado por el basural.

Por lo tanto, siempre que sea posible, se debe tratar de aprovechar el área del basural o un terreno contiguo para implementar el nuevo sistema de disposición final, de



forma de que se optimice el uso de los recursos y se maximicen los resultados sanitarios, ambientales, técnico operativos y económicos.

En el caso de que se recupere el área degradada por un vertedero y se cierren simultáneamente las operaciones de descarga de residuos en ese lugar, los procedimientos básicos son los siguientes:

- a) si no hubiera datos catastrales confiables, ponerse en contacto con personal antiguo de la limpieza urbana para definir, con tanta precisión como sea posible, la extensión del área afectada por los residuos y las principales características físicas del terreno natural;
- b) delimitar el área afectada, en campo;
- c) hacer sondeos para medir el espesor de la capa de residuos a lo largo del área degradada;
- d) retirar los residuos de la fracción de terreno en que la capa de residuos sea más delgada (generalmente cuando tiene menos de 1,0 metro), y descargarlos en la parte del vaciadero en que la capa de residuos es más gruesa;
- e) formar los taludes laterales con la pendiente adecuada, por lo general, de 1:3 (V:H);
- f) disponer la plataforma superior con la inclinación indicada en el proyecto de drenaje;
- g) recubrir los residuos expuestos, pero nivelados, con una capa de por lo menos 50cm de arcilla de buena calidad, incluidos los taludes laterales;
- h) recuperar el área excavada con suelo natural de la región;
- i) ejecutar los dispositivos de drenaje pluvial y de drenaje de líquidos lixiviados, de acuerdo con el proyecto;
- j) excavar uno o más pozos de acopio del efluente líquido recolectado por los dispositivos de drenaje de lixiviados;
- k) construir pozos verticales para drenar el gas;
- l) distribuir una capa de suelo vegetal sobre la capa de arcilla de revestimiento final de la plataforma superior y de los respectivos taludes;
- m) sembrar gramíneas y especies nativas de raíces cortas;
- n) aprovechar tres de las perforaciones de sondeo realizadas e instalar pozos de monitoreo: uno aguas arriba del área del vertedero recuperado y dos aguas abajo.

La recuperación del basural no termina con la ejecución de estas obras. El líquido lixiviado acumulado en los pozos de acopio debe ser recirculado periódicamente por dentro de la masa de residuos, a través de aspersores (similares a los utilizados para regar el césped) o de lechos de infiltración; los pozos de gas deben ser verificados periódicamente, para encender los que hubieran sido apagados por el viento o la lluvia; por último, la calidad del agua subterránea debe ser controlada a través de los pozos de monitoreo, así como las aguas superficiales de los cuerpos hídricos cercanos.

Como ya se ha explicado anteriormente, debido a la dificultad de encontrar nuevos terrenos adecuados para la implementación de rellenos sanitarios, es conveniente, siempre que sea posible, que se continúe usando el área recuperada como relleno. En este caso, la secuencia de procedimientos se modifica a partir del punto “g” del párrafo anterior y pasa a ser como sigue:

- preparar el área excavada para recibir más residuos sólidos, impermeabilizándola con arcilla de buena calidad e instalando conductos subterráneos para recolectar los líquidos lixiviados;
- ejecutar los canales de drenaje pluvial necesarios para impedir que el agua de lluvia alcance el futuro frente de trabajo;
- excavar uno o más pozos de acopio del efluente líquido a ser generado en las nuevas células;
- construir pozos verticales para drenar el gas, a medida que el relleno evoluciona;
- determinar los procedimientos de distribución, compactación y recubrimiento como si se tratara de un relleno sanitario;
- instalar un sistema de recirculación de los líquidos lixiviados, así como (dependiendo de las condiciones climáticas de la zona) un sistema de tratamiento de los efluentes en lagunas de estabilización;
- excavar pozos de monitoreo de la napa de agua: uno aguas arriba y dos aguas abajo de la futura área de operaciones.

13.6 La situación de los segregadores

La coyuntura actual de los países de América Latina y el Caribe, que no ofrece puestos de trabajo suficientes para responder al constante ingreso de nuevos contingentes poblacionales al mercado formal de trabajo, aliada a la baja calificación profesional, lleva a las personas a buscar cualquier actividad que garantice por lo menos su supervivencia y la de su familia.

La segregación de residuos reciclables en los vertederos y en la vía pública de las ciudades, aunque sea una actividad insalubre, se ha convertido en un “trabajo alternativo”, producto de la enorme crisis social que ya es endémica.

La actividad de los segregadores dentro del vertedero, en el que circulan libremente por el área de operaciones, junto con los camiones recolectores y los chatarreros, dificulta las operaciones de distribución, compactación y recubrimiento de los residuos, además de crear graves riesgos de accidentes debido al trabajo de las máquinas y vehículos.

Aún más grave es la presencia de niños en el vertedero, ya sea por falta de alternativas de los padres, que no cuentan con nadie que pueda cuidarlos mientras trabajan en la segregación de materiales reciclables, o porque ellos mismos se encargan de seleccionar el material a fin de aumentar los ingresos familiares.

Por consiguiente, los proyectos de recuperación de vertederos no se limitan a los temas de ingeniería, sino que deben solucionar un problema social complejo, que



no puede ni debe ser asumido exclusivamente por el organismo responsable de la limpieza urbana, sino que requiere una acción gubernamental articulada entre las diferentes esferas de poder.

El desarrollo de programas alternativos de ingresos y puestos de trabajo (como las cooperativas de segregadores, por ejemplo), la capacitación técnica profesional de los segregadores para que puedan ejercer otras actividades en el mercado formal, la cooperación con instituciones no gubernamentales y empresas privadas, además de programas infantiles de permanencia integral en escuelas o centros deportivos y recreativos y de un sistema de compensación a los padres por la no participación de los niños en el trabajo de segregación, son algunas de las acciones que es necesario emprender para revertir gradualmente la situación.



Figura 136 - Planta de reciclaje operada por cooperativa de segregadores

13.7 Disposición de residuos domiciliarios especiales

13.7.1 Disposición de residuos de obras de construcción civil

Como se ha explicado en el capítulo sobre el tratamiento de residuos sólidos, la solución ideal para los residuos de la construcción civil es el reciclaje.

Sin embargo, cuando el municipio no dispone de esta alternativa, se los desecha por disposición final en el suelo de un relleno.

En el caso de los escombros de obra, la disposición en rellenos sanitarios no es económicamente conveniente, debido a que son residuos inertes que se dispondrían en un sistema cercado de recursos tecnológicos para proteger el medio ambiente, cuando podrían ser destinados a rellenos más sencillos a costo más bajo.

Desde el punto de vista ambiental, la disposición de este tipo de residuo en rellenos sanitarios tampoco sería conveniente, debido a que se reduciría la vida útil del relleno con residuos que podrían, con la debida gestión, ser destinados a la recuperación de excavaciones hechas para la extracción de materiales usados en la construcción civil.

Las únicas formas convenientes de disposición de escombros en los rellenos sanitarios serían:

- utilización como material de soporte de los caminos internos y playas de descarga; o
- utilización como material de recubrimiento provisorio de los residuos urbanos, en caso de escasez de material regular de cobertura en la zona.

13.7.2 Disposición de pilas y baterías

Debido a que las pilas y baterías son residuos peligrosos, sobretudo por la presencia de metales pesados en su composición, su destino final debe ser el mismo que el de los residuos industriales que implican la misma clase de riesgo.

El organismo de limpieza urbana debe tomar las debidas precauciones antes de iniciar un proceso de separación en la fuente con miras al reciclaje u otra forma de tratamiento o disposición final, ya que deberá establecerse previamente la participación de los fabricantes, revendedores y otros implicados en este rubro económico, que deben asumir la carga económica del proceso.

Estos residuos deben ser encarados como desechos del proceso industrial de los fabricantes correspondientes, que deben hacerse cargo de la recolección y tratamiento o disposición final.

Además, es necesario sancionar las ordenanzas adecuadas que den respaldo a este tipo de modelo, para no correr el riesgo de que la municipalidad tenga que asumir todo el costo derivado de una actividad del sector privado, en lo atinente a los desechos de su proceso de producción.

Presentase abajo, a modo de ejemplo, dos iniciativas que el sector privado puede adoptar para hacer la recolección y disposición final de las pilas y baterías.

- desarrollar, conjuntamente con la asociación de la asistencia técnica autorizada, un proyecto de instalación de cestas de recolección de pilas y baterías en sus talleres. Las pilas así recolectadas serían recogidas una vez por mes y transportadas al lugar de tratamiento o reciclaje.
- acordar con los fabricantes de teléfonos celulares, para que establezcan un programa de recolección de baterías desechadas, que cuente con una central de información telefónica, para proporcionar la dirección de los puestos en que hay contenedores especiales destinados a recibir las baterías usadas.

13.7.3 Disposición de tubos fluorescentes

A menudo, pequeñas cantidades de tubos rotos accidentalmente son desechados junto con los residuos comunes en los rellenos sanitarios.

Sin embargo, el destino final adecuado, especialmente para cantidades más significativas, es un relleno especialmente diseñado para residuos industriales clasificados en esta clase de riesgo, debido a que contienen mercurio. En este caso también se aplica el principio de “quien contamina, paga”.



13.7.4 Disposición de neumáticos

Cuando es imposible reciclarlos o usarlos como combustible alternativo en hornos de la industria del cemento, por ejemplo, los neumáticos pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios siempre y cuando sean previamente triturados, a fin de que no causen problemas estructurales en el relleno.

El organismo responsable de la limpieza urbana no debe hacerse cargo de la solución del problema de la disposición final de neumáticos inservibles, puesto que los fabricantes y distribuidores deben asumir la responsabilidad de la disposición final de estos desechos generados en función de sus actividades económicas.

También es necesario que, en el ámbito nacional, se establezca una legislación compatible con la visión actual del problema, a fin de posibilitar la reducción progresiva de la cantidad de este tipo de desechos a través de una política de fomento del reciclaje por parte de la industria y los proveedores.

Por último, es necesario prestar atención a la importación de neumáticos usados (pero todavía usables), puesto que conjuntamente con el producto, las empresas de los países exportadores exportan también el problema de la disposición de las carcacas.

13.8 Disposición de los residuos de fuentes especiales

13.8.1 Disposición de los residuos sólidos industriales

Los métodos más empleados de disposición de residuos sólidos industriales son: biorregeneración de suelos (*landfarming*); rellenos industriales; presas de desechos y otras formas de disposición.

BIORREGENERACIÓN DE SUELOS

La biorregeneración de suelos (*landfarming*) es un tratamiento biológico por medio del cual la parte orgánica de los residuos es descompuesta por los microorganismos que viven en la capa superficial del suelo. Este tratamiento se usa mucho en la descomposición final de productos derivados del petróleo y de compuestos orgánicos.

El tratamiento consiste en la mezcla y homogenización de los residuos con la capa superficial del suelo (zona arable — de 15 a 20cm de espesor). Una vez que los microorganismos completan el trabajo de degradación, se puede tratar una nueva capa de residuos en el mismo suelo, repitiendo los mismos pasos una y otra vez. La desventaja es que este método requiere áreas amplias debido a que las capas, aunque sucesivas, son de poco espesor.

La siguiente figura muestra una sección esquemática de un área de biorregeneración.

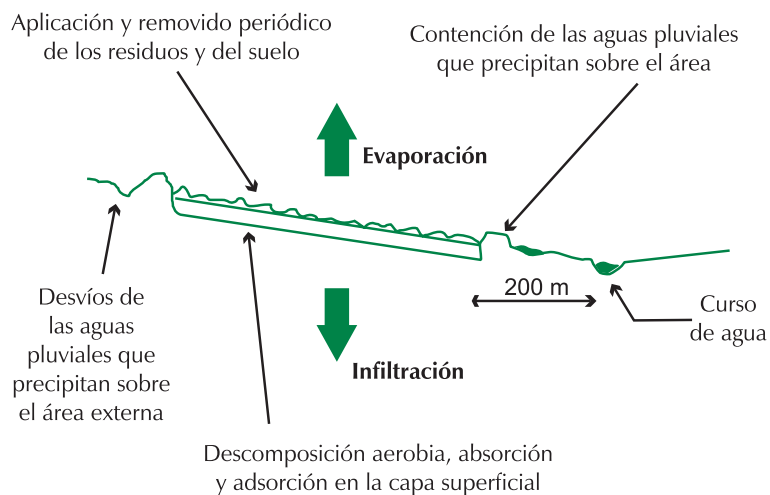


Figura 137 - Esquema de biorregeneración de suelos

RELLENOS INDUSTRIALES

Los rellenos industriales se clasifican de acuerdo con la peligrosidad de los residuos a ser depositados. En el Brasil, por ejemplo, los rellenos para residuos de Clase I pueden recibir residuos industriales peligrosos; los de Clase II, residuos no-inertes; y los de Clase III, solo residuos inertes.

Cualquiera sea el relleno destinado a los residuos industriales, los sistemas de drenaje pluvial y la impermeabilización del fondo son fundamentales para evitar la contaminación del suelo y de la napa freática con el agua de lluvia que percola a través de los residuos, como se observa en la siguiente figura.

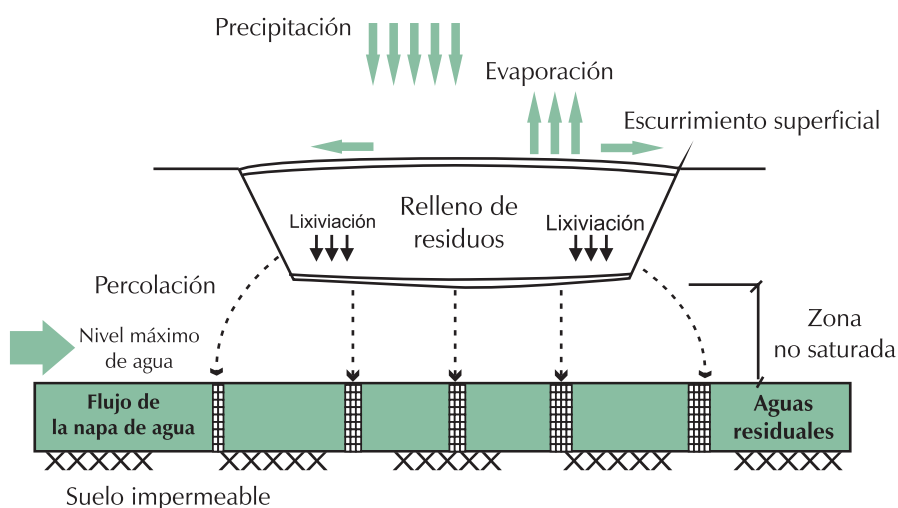


Figura 138 - Flujo de agua en un relleno

A fin de reducir la cantidad de efluente a ser tratado, el primer paso es evitar, a través de barreras y zanjas de drenaje, que el agua de lluvia que cae fuera de los límites del relleno contribuya a aumentar el volumen del efluente líquido que percola en el interior del relleno.



El segundo paso es impermeabilizar el fondo del relleno con una membrana de plástico, a fin de impedir que el líquido lixiviado contamine el suelo y la napa freática.

La principal desventaja del relleno industrial como solución para la disposición final de residuos es que requiere una extensa área de terreno para que resulte factible económica operativamente, teniendo en cuenta que los residuos se mantienen potencialmente peligrosos hasta que puedan incorporarse naturalmente al medio ambiente. En ese sentido, lo más indicado es concentrar los esfuerzos en las etapas previas, o sea, la reducción de los residuos y el tratamiento de los mismos a fin de que sea destinado a los rellenos industriales apenas los desechos.

Un relleno industrial con capacidad para recibir 15.000 mil toneladas, requiere una inversión inicial del orden de los dos millones de dólares y su costo de operación es de 50 a 150 dólares por tonelada. El costo de operación varía según el grado de toxicidad de los residuos.

Al operar un relleno industrial, se deben tomar precauciones especiales para controlar el tipo de residuos que se descargan, puesto que en cada relleno solo se pueden disponer residuos químicamente compatibles, es decir, residuos que no reaccionen en contacto unos con otros ni con el agua de lluvia infiltrada.

Los fenómenos más comunes producidos por la mezcla de residuos incompatibles son: generación de calor, fuego o explosión, producción de humo y gases tóxicos e inflamables, disolución de sustancias tóxicas y polimerización violenta. De modo que antes de descargar los residuos en el relleno se debe consultar las listas de compatibilidad publicadas por los organismos de control ambiental.

Relleno industrial para residuos Clase I

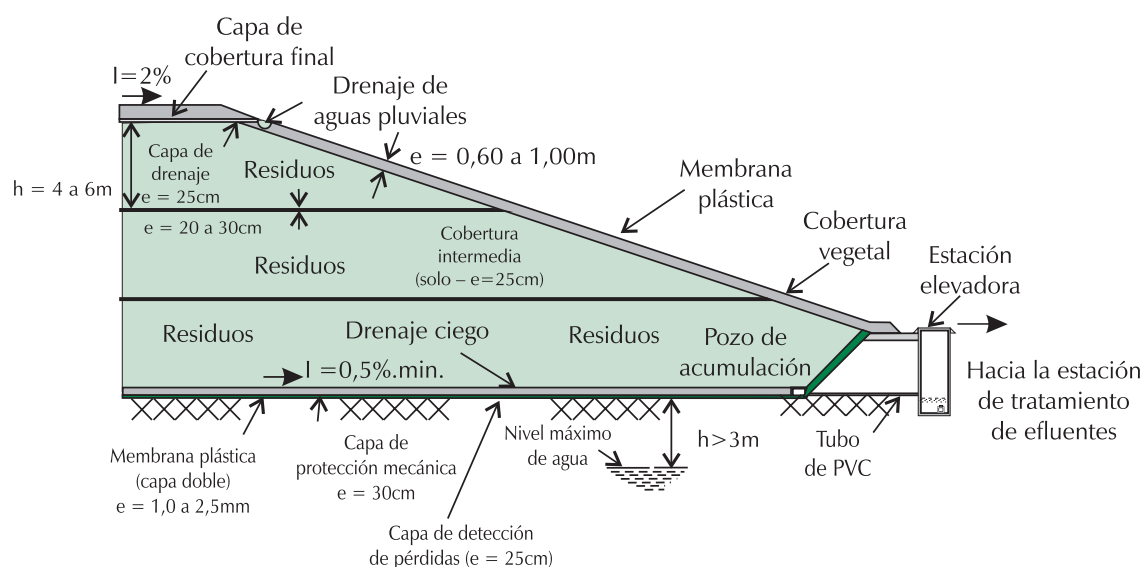


Figura 139 - Relleno industrial para residuos Clase I - corte típico

Los rellenos industriales para residuos Clase I exigen condiciones más rigurosas de impermeabilización que los de las Clases II y III. La profundidad mínima de la napa freática es de tres metros y las siguientes capas son obligatorias:

- doble capa de impermeabilización del fondo: membrana de PEAD y protección con capa de arcilla ($k < 10^{-7}$ cm/s);
- capa de detección de fuga entre las capas de impermeabilización del fondo;
- capa de impermeabilización superior;
- capa de drenaje encima de la capa de impermeabilización superior ($e = 25$ cm).

Relleno industrial para residuos Clase II y Clase III

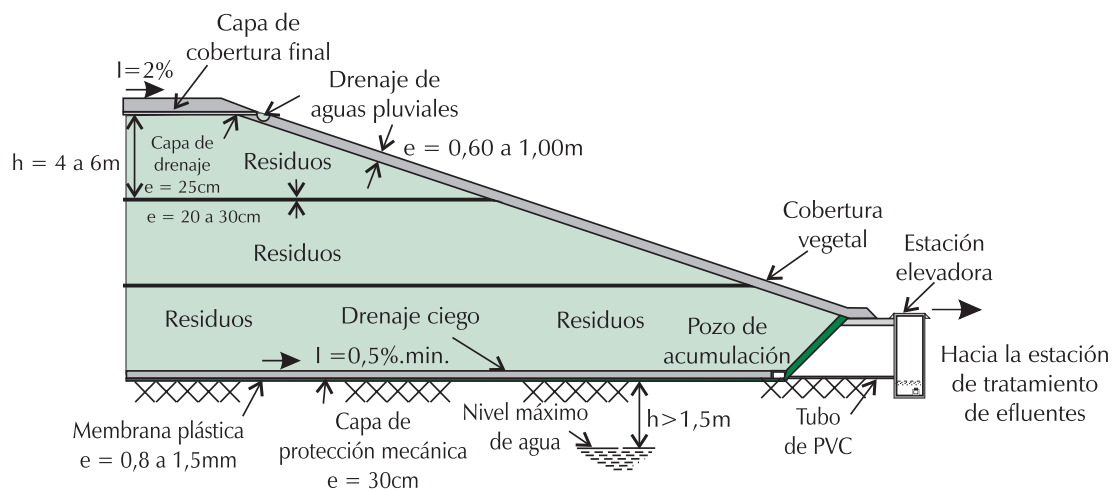


Figura 140 - Relleno industrial para residuos Clase II y Clase III - corte típico

El relleno industrial para residuos Clase II y Clase III es similar al relleno sanitario de residuos domiciliarios pero, normalmente, no tiene drenaje de gases.

A 1,5m del nivel máximo de la napa freática, normalmente, este relleno está constituido, de abajo hacia arriba, por las siguientes capas:

- capa de impermeabilización del fondo con membrana de PEAD;
- capa de protección mecánica de la membrana de plástico;
- sistema de drenaje de percolados;
- capas de residuos (de 4,0 a 6,0m de altura) con capas intercaladas de suelo de 25cm de espesor;
- aunque no es obligatoria, es recomendable una capa de impermeabilización superior, de membrana de plástico, o de arcilla de buena calidad ($k = 10^{-6}$ cm/s; espesor > 50 cm);
- capa de drenaje de arena de 25cm de espesor (necesaria solo si hubiera impermeabilización superior);



- capa de suelo orgánico (espesor > 60cm);
- cobertura vegetal con especies de raíces poco profundas.

El líquido percolado, recolectado a través de un sistema de drenaje, similar al de la ilustración anterior, debe ser conducido para tratamiento. El tipo de tratamiento depende de las características de los residuos depositados en el relleno pero, usualmente, se aplica un proceso fisicoquímico completo, seguido de un proceso biológico convencional (lagunas de estabilización o lodos activados).

PRESAS DE DESECHOS

Las presas de desechos se usan para la disposición de residuos líquidos y pastosos, con un contenido de humedad de más del 80%. Estos rellenos son poco profundos y necesitan un área extensa. Tienen un sistema de filtración y drenaje del fondo (flauta) para captar y tratar la parte líquida, mientras se mantiene la materia sólida en el interior de la presa.

En este tipo de presa solo se usa una capa doble de impermeabilización del fondo. La capa de impermeabilización superior no es necesaria, debido a que el espejo de agua se usa para evaporar parte de la fracción líquida.

Después de la clausura del relleno, cuando la capa superior de los desechos ya está solidificada, se impermeabiliza la superficie con una capa de arcilla para reducir la infiltración de líquidos, que deberán ser tratados.

OTRAS FORMAS DE DISPOSICIÓN

Los residuos considerados de alta peligrosidad pueden desecharse en cavernas subterráneas salinas o calcáreas, o pueden ser inyectados en pozos de petróleo agotados.

13.8.2 Disposición de los residuos radiactivos

Hay tres procesos de disposición final de residuos nucleares, todos ellos sumamente caros y sofisticados:

- construcción de abrigos especiales, con paredes dobles de hormigón de alta resistencia, de preferencia, bajo tierra;
- encapsulación en revestimiento impermeable de hormigón y lanzamiento en alta mar (este proceso es muy criticado por los ambientalistas y en algunos países está prohibido);

- disposición final en cavernas subterráneas salinas, selladas para que no contaminen la biosfera.

13.8.3 Disposición de residuos de puertos y aeropuertos

En algunos países, el destino final obligatorio por ley de los residuos de puertos y aeropuertos es la incineración. Sin embargo, en muchos de esos países solo algunos de los puertos y aeropuertos cumplen las exigencias de la legislación ambiental, y en las demás instalaciones no se tiene el menor cuidado con la disposición de los residuos generados.

Durante los últimos años, las autoridades responsables de la vigilancia sanitaria de varios países empezaron a tomar algunas medidas tendientes a aumentar el control de los residuos de puertos y aeropuertos. Medidas motivadas por el temor del impacto económico que podrían ejercer los problemas, tales como la fiebre aftosa y la enfermedad de la vaca loca, “importados” de otros países o regiones.

Los residuos de puertos y aeropuertos que no están sujetos al riesgo de contaminación por contacto con los residuos generados en las embarcaciones o aeronaves que llegan de áreas endémicas, pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios. Por lo tanto es fundamental que se implemente un sistema eficiente y seguro de acondicionamiento, manejo y movimiento interno de residuos sólidos, de forma que se impida el contacto de residuos comunes con los contaminados o con los que representan un riesgo sanitario potencial.

13.8.4 Disposición de residuos de los servicios de salud

El único proceso de disposición final de este tipo de residuos en el suelo es la fosa séptica, método muy cuestionado por gran parte de los técnicos, pero que, en función del bajo costo de inversión y de operación, es el más factible para ser usado en ciudades con limitaciones presupuestarias.

En realidad, una fosa séptica es, conceptualmente, un relleno industrial de Clase II clasificado en el apartado 13.8.1, con cobertura diaria de los residuos e impermeabilización obligatoria, en el que no se recolecta el lixiviado.

Hay dos tipos de fosas sépticas: las fosas sépticas individuales, usadas por hospitales de gran tamaño, y las fosas sépticas anexadas al relleno sanitario municipal.

En los primeros, se deben excavar las zanjas en el suelo en trincheras dimensionadas para recibir una generación periódica de residuos (mensual, semestral o anual). Luego, se impermeabiliza el fondo y los costados de la trinchera excavada y se comienza a depositar los residuos, cuya superficie debe ser recubierta diariamente.

La impermeabilización superior debe ser iniciada en cuanto el volumen de residuos alcance la altura final de la trinchera y debe ir evolucionando junto con la disposición de los residuos.

Cuando la fosa séptica está anexada al relleno municipal, se debe separar un lote específico, en el que se hará la disposición de residuos de los servicios de salud. Este lote debe ser cercado y aislado del resto del relleno.



Los procedimientos de la disposición de los residuos y la ejecución de las capas de impermeabilización son similares a los descritos anteriormente.

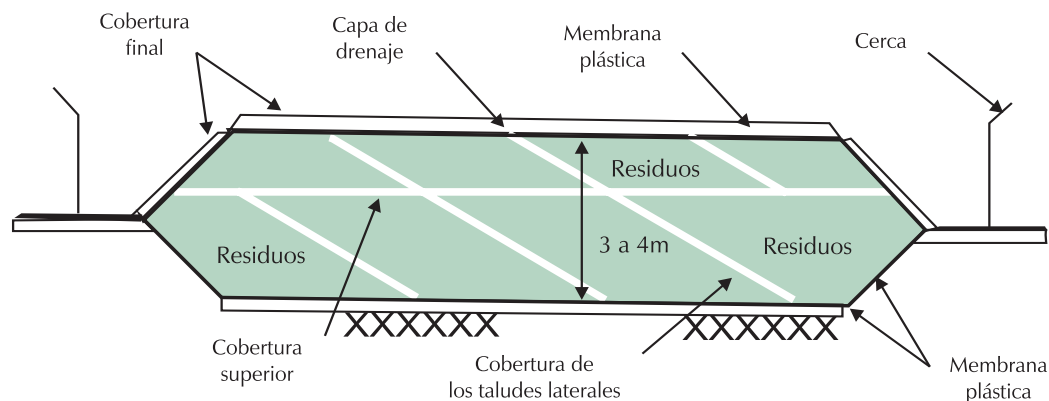


Figura 141 - Sanja séptica instalada en un relleno sanitario

13.9 Rellenos sanitarios y créditos de carbono: Oportunidades para ayudar a resolver el problema ambiental

Los perjuicios provocados al medio ambiente por los basurales o botaderos irregulares representan siempre grandes problemas para las administraciones municipales. El aspecto desagradable y el mal olor que exhalan desacreditan a la administración de las ciudades en las que los residuos no son eliminados de forma correcta. Desde el punto de vista del medio ambiente, los basurales son una verdadera calamidad, puesto que contaminan el suelo, la atmósfera y los recursos hídricos de superficie y subterráneos, además de ser focos potenciales de epidemias, incendios y desmoronamientos.

Como consecuencia de una mala administración de la limpieza urbana, especialmente en relación con el destino final de los residuos, muchos alcaldes han sido responsabilizados directamente por organismos ambientales, por tribunales de cuentas y por el ministerio público.

Tratar de solucionar el problema del destino final de los residuos sólidos urbanos a través de la instalación de plantas de reciclaje o de incineración, a pesar de las ofertas espectaculares de los fabricantes de equipos, no es satisfactorio, puesto que esas soluciones exigen una gran inversión monetaria y su operación es de un nivel de complejidad para el cual las municipalidades no tienen capacidad, debido a la falta de recursos financieros y de personal especializado.

La alternativa más sencilla y barata para resolver el problema de los basurales es, definitivamente, la instalación de rellenos sanitarios, siempre que estén bien construidos y se operen de forma correcta. Los rellenos sanitarios no contaminan,

no exhalan mal olor y, una vez desactivados, pueden ser aprovechados para la construcción de complejos deportivos o parques públicos.

Los basurales pueden ser eliminados, ya sea trasformándolos en rellenos sanitarios o erradicándolos de forma ambientalmente adecuada, en cuyo caso se debe implementar un relleno sanitario nuevo para recibir los residuos domiciliarios de la ciudad. Estas iniciativas involucran, sin embargo, costos de inversión y de operación que por lo general superan la capacidad financiera de las municipalidades.

Esta situación hace que el problema de la eliminación de los residuos sólidos urbanos esté lejos de ser solucionado en América Latina, tal como lo demuestran los informes sobre saneamiento básico de la OPS (ver capítulo 1), según los cuales el porcentaje de ciudades que todavía tienen basurales es muy alto.

Un incentivo económico que se está estudiando cada vez con más atención para solucionar este problema es la explotación y el uso del biogás que se produce naturalmente durante el proceso de descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos, y que está compuesto por aproximadamente el 50% de metano.

Este gas combustible puede ser usado para alimentar calderas, hornos y motores de explosión de automotores o para generar energía eléctrica, con la ventaja adicional de que quien lo produzca recibirá Certificados de Reducción de Emisiones (CRE), de acuerdo con lo establecido en el Protocolo de Kyoto, cuyo objetivo es reducir la proporción de los gases que provocan el efecto invernadero en la atmósfera terrestre. El “efecto invernadero” es un fenómeno natural, provocado por el tipo de atmósfera de la Tierra y que hace que tengamos un clima propicio a la vida tal como la conocemos.

Esta nueva oportunidad está empezando a recibir el apoyo del Banco Mundial y de otros organismos internacionales de fomento al desarrollo, que están ofreciendo recursos e información para la implementación de rellenos sanitarios con sistemas de recuperación y explotación del “biogás de los residuos”.

En este capítulo trataremos de aclarar la cuestión de los créditos de carbono, puesto que la recuperación y el aprovechamiento del biogás como combustible ya fue tratado en muchas publicaciones técnicas.

13.9.1 El efecto invernadero: causas y consecuencias

Este fenómeno es parecido al producido por los paneles de vidrio de un invernadero, que retienen el calor producido por el sol. De la misma forma que los paneles de vidrio de un invernadero, la presencia de algunos gases en la atmósfera, principalmente el vapor de agua, el gas carbónico y el metano, impiden que el calor generado por la incidencia de los rayos solares en la superficie de la Tierra, que es reflejado, sea liberado al espacio.

Si no se produjera este fenómeno, nuestro planeta sería frío y estéril como Marte, por ejemplo, o si se produjera con más intensidad, la Tierra sería como Venus, estéril y con una temperatura ambiente altísima.



Sucede que a lo largo de los últimos años ha aumentado la concentración de esos gases en la atmósfera, debido principalmente al uso intensivo de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo en las actividades domésticas e industriales y en el transporte. En consecuencia, la temperatura media de la Tierra está en aumento, lo que pone en riesgo el delicado equilibrio que hace que nuestro ambiente sea habitable.

Un ejemplo dramático de lo que puede significar el cambio del clima de la Tierra, es la extinción de los dinosaurios, que habitaban todo el planeta y que, de acuerdo con la teoría más aceptada, desaparecieron debido a la nube de polvo levantada por el impacto de un meteorito en la superficie terrestre, que provocó la disminución drástica de la temperatura global.

Preocupada por detener o por lo menos desacelerar este proceso, la ONU convocó a una reunión, la Río 92, que estableció la “Convención Marco sobre Cambio Climático”, que se transformó finalmente en el Protocolo de Kyoto⁶, firmado en 1997 en la ciudad japonesa que le da nombre.

De modo general, el Protocolo de Kyoto establece que la emisión de gases que provocan el efecto invernadero (GEI) de los países que constan en su Anexo 1 (países desarrollados) debe estar, entre 2008 y 2012, aproximadamente un siete por ciento por debajo de los niveles observados en 1995.

Luego de su ratificación por Rusia en noviembre de 2004, el Protocolo de Kyoto entró en vigor el 16 de febrero de 2005, momento a partir del cual se comenzó a contar el plazo de los compromisos asumidos en ese tratado internacional.

El Protocolo definió un criterio de línea base que separa el grupo de países excedentarios en emisiones (compradores de créditos) y el grupo de países subsidiarios (vendedores de créditos) en base a un criterio que divide los dos grupos. En consecuencia se establecieron los compromisos que definen las metas de reducción de la emisión de gases que provocan el efecto invernadero para los países desarrollados que constan en el Anexo 1 del Protocolo y un programa de comercialización de cuotas de reducción. Los países que no constan en el Anexo 1, como es el caso de los países de Latino América y el Caribe, no están obligados, por el Protocolo, a reducir la emisión, sino que, por el contrario, podrán transferir a países del Anexo 1 los créditos correspondientes a la reducción de la emisión producida por proyectos implementados con esa finalidad, establecidos de acuerdo con lo que se llamó Proyectos de MDL – Mecanismo de Desarrollo Limpio.

13.9.2 La “lógica” de los créditos de carbono

El interés en la compra de Certificados de Reducción de Emisiones se debe a la diferencia de los costos de la reducción de emisiones entre diferentes países a través de procesos desarrollados en sus instalaciones, que en los países desarrollados pueden llegar a valores superiores a US\$ 500,00 por tonelada de carbono y en los países que no constan en el Anexo 1 del Protocolo, varían de US\$ 1,00 a 30,00 por tonelada de CO₂.

Como resultado de esta diferencia de precios se ha creado el Mercado de Reducción de Emisiones, en el que el valor actual es de aproximadamente US\$ 10.00 por tonelada de CO₂ equivalente no emitido o secuestrado.

6. Disponible en el sitio Convención Cambio Climático http://unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php

En consecuencia, han empezado a formarse mercados mundiales de carbono y se han creado diversos fondos internacionales a fin de apoyar el desarrollo de proyectos que reduzcan las emisiones antropogénicas de carbono. Cada tonelada de CO₂ que un país en desarrollo deja de emitir o secuestra (es decir, transforma, por ejemplo, en materia vegetal, proceso llamado fijación en plantas), puede ser negociada en el mercado mundial a través de los mencionados CRE.

Es importante resaltar que, en relación con el efecto invernadero, cada tonelada de metano equivale a 21 toneladas de CO₂. De este modo se generan CRE en la medida en que se produce la combustión del metano, y se disminuye la emisión equivalente de CO₂.

Para que se expidan los CRE, el proyecto, la implementación y la operación del emprendimiento deben ser certificados y auditados por entidades independientes habilitadas por la ONU, teniendo en cuenta:

- la participación voluntaria, es decir, no exigida por ley;
- los beneficios reales, mensurables y de largo plazo;
- la reducción de las emisiones adicionales a las que tendrían lugar si el proyecto no fuera implementado (línea de base).

Las aplicaciones del MDL en los rellenos sanitarios son muy eficientes en la reducción de emisiones, puesto que, además de demandar inversiones de poca monta, se alinean con las políticas públicas de mejora de las condiciones sanitarias y del medio ambiente, y redundan en mejor calidad de vida para la población urbana, puesto que ayudan a transformar basurales en rellenos sanitarios.

Para aprovechar esta nueva oportunidad económica, las ciudades de América Latina están empezando a invertir en el tratamiento de los residuos urbanos para reducir la emisión del metano y generar ingresos por medio de los CRE vinculados a proyectos de rellenos sanitarios implementados de acuerdo con el MDL.

En la Argentina, por ejemplo, se llamó a licitación para la concesión de captación y tratamiento de metano del gran relleno sanitario de Villa Dominico, Buenos Aires, con apoyo y asistencia del Banco Mundial. Este ha sido el primer proyecto argentino en ser presentado al Consejo Ejecutivo del Protocolo de Kyoto como MDL.

El primer proyecto incluido en el contexto del MDL, aprobado por el Consejo Ejecutivo, es brasileño: se trata de la unidad de generación de energía eléctrica que usa metano de biogás de residuos como combustible en la ciudad de Nova Iguaçu (Río de Janeiro). El proyecto prevé la captura del equivalente a 2,5 millones de toneladas de gas carbónico (US\$ 4,5 por tonelada) y su primer cliente es el gobierno de los Países Bajos.

Otro proyecto brasileño implementado en el relleno sanitario Metropolitano Centro de Salvador (Bahia), ya aprobado por el gobierno del Brasil a través de la Comisión Interministerial del Clima, presidida por el Ministerio de Ciencia y



Tecnología, está, en este momento, aguardando la evaluación del Consejo Ejecutivo del Protocolo de Kyoto.

El primer proyecto piloto en América Latina fue puesto en práctica en el Uruguay en el relleno sanitario de Las Rosas, provincia de Maldonado, con el objetivo de capturar 18.962 toneladas de metano, a lo largo de 15 años.

Queda demostrado de este modo que el “mercado” de créditos de carbono progresa rápidamente y se va adecuando a los principios del MDL establecido por el Protocolo de Kyoto.

13.9.3 Circunstancias en las cuales el biogás de un relleno sanitario puede ser aprovechado

Para llevar a cabo satisfactoriamente un proyecto de recuperación y uso del biogás, con la consecuente reducción de la emisión de metano a la atmósfera, se deben cumplir algunas premisas. Presentamos a continuación algunas de las condiciones fundamentales que los diferentes sectores involucrados en la operación de un sistema de limpieza urbana deben satisfacer para lograr resultados acordes al objetivo establecido.

Institucionales

Debe haber una clara e inequívoca demostración, por parte del alcalde y de sus secretarios relacionados con la gestión de residuos sólidos municipales y con el medio ambiente, de las intenciones de implementar un programa permanente de recolección y disposición final de los residuos domiciliarios, con una calidad tal que abarque a toda la población urbana (universalización de los servicios), a fin de garantizar la salud de todos y la calidad del medio ambiente local.

Para conseguirlo, es necesario que haya una unidad gerencial mínima en la administración municipal, con capacitación suficiente para el desempeño de estas funciones, además de una partida presupuestaria anual específica para la gestión de residuos sólidos municipales, de un monto adecuado a las necesidades de inversión y al costo de operación del sistema. También es recomendable que haya una política nacional de gestión de residuos sólidos que determine las condiciones mínimas de atención a la población y de implementación de la adecuada disposición final de los residuos, desde el punto de vista tanto sanitario como ambiental.

Finalmente, se recomienda establecer un acuerdo institucional entre las diversas instituciones que participan del proyecto, tales como la municipalidad, la empresa operadora del relleno sanitario, en el caso de que el servicio estuviera subcontratado, la empresa distribuidora de electricidad o consumidora de vapor, si hubiera generación de energía o vapor usando el biogás, y el organismo responsable de la conservación del medio ambiente del estado/provincia o del municipio.

Físicas y operativas

Existencia de un relleno sanitario predominantemente constituido por el depósito de residuos domiciliarios con alto contenido de materia orgánica, y que ya haya recibido una cantidad mínima de 15.000 toneladas de residuos (correspondiente a 25.200 metros cúbicos, considerando una densidad de $0,7\text{t/m}^3$, que ocupa un volumen que puede ser representado, para darse una idea, por un prisma de 10m de altura y 60m de lado); espesor de la capa de residuos de por lo menos 10 metros; recubrimiento con arcilla de toda la superficie del relleno y de los taludes, a excepción del frente de operación donde descargan los camiones; recepción regular de por lo menos 50t/día de residuos domiciliarios.

Si el terreno no es operado de forma sanitaria, es decir, que los residuos no se recubren con arcilla y no hay captación de lixiviados y biogás, se debe estudiar la posibilidad de recuperarlo, al mismo tiempo que se inicia la operación de modo sanitario o controlado. Se debe dar preferencia a la continuidad de las operaciones en la misma área del antiguo basural, si cumpliera con las condiciones de propiedad, de zonación urbana y ambientales mínimas, de modo de evitar las dificultades naturales de la implementación de un nuevo relleno en el área urbana, aunque fuera operado de forma adecuada.

Sociales

Se debe implementar un programa de concienciación de la población sobre la cuestión de la limpieza urbana, a fin de informar a todos los ciudadanos sobre los problemas de saneamiento de su región, sobre los recursos necesarios para solucionarlos y sobre la parte de responsabilidad que le corresponde a cada uno en ese proceso.

13.9.4 Requisitos necesarios para la implementación de proyectos de reducción de emisiones de GEI en rellenos de residuos sólidos

La implementación de un programa de reducción de la emisión del metano producido en rellenos de residuos urbanos debe cumplir con los requisitos de un proyecto insertado en el MDL, de modo que sean analizados con diferente grado de prioridad por la Comisión Interministerial del Cambio Climático Mundial, con la finalidad de la posible aplicación de recursos públicos o la implementación de proyectos de reducción de la emisión de metano a través de la inversión del sector privado nacional e internacional.

También se debe tener la garantía, no solo de buenos resultados en la captación del biogás y en la transformación del metano que contiene en anhídrido carbónico (CO_2), sino también de la continuidad del proceso a largo plazo, puesto que el biogás continúa siendo producido durante un período de más de 15 años después de la desactivación del relleno como depósito de residuos.

Así, se recomienda elaborar una matriz de factores condicionantes que se complete de acuerdo con las características específicas de cada proyecto, cuyo análisis determinará si puede recibir la aprobación preliminar del organismo nacional responsable por el medio ambiente y más tarde, si fuera el caso, por el organismo del país que trata del tema cambios climáticos.



Los siguientes puntos indican algunas características que facilitarán el análisis que permita decidir si un determinado proyecto cumple o no con los requisitos básicos para el MDL:

- la población urbana es de más de 30.000 habitantes;
- existe un organismo responsable de la limpieza urbana en el municipio;
- el órgano responsable cuenta con un equipo técnicamente calificado;
- el sistema de recolección de residuos abarca, por lo menos, al 80% de la población;
- la acumulación de los residuos recolectados, en un único sitio, es de por lo menos 50t/día;
- el relleno está funcionando regularmente de forma controlada: hay maquinaria suficiente, se cumple un plan de avance, los residuos son compactados, se los recubre regularmente con una capa de arcilla, La capa de residuos tiene más de 10 metros de espesor, se hace la captación y tratamiento o la recirculación de los lixiviados;
- la operación del relleno ha sido subcontratada;
- hay partidas presupuestarias municipales específicas para la limpieza urbana y el monto de estas partidas es suficiente para mantener los servicios con calidad adecuada;
- existe tasa municipal de limpieza urbana o de recolección de residuos, con una recaudación superior al 40 % del costo de los servicios;
- existe un código municipal de limpieza urbana, que puede formar parte del Código General, pero que sea eficaz;
- el alcalde ha determinado políticamente la recuperación del basural existente, si fuera el caso, y la implementación un nuevo relleno sanitario;
- existe un área, de propiedad de la municipalidad, que cumpla las condiciones ambientales necesarias para la instalación de un relleno sanitario;
- existe, o está programada, la implementación de un programa de concienciación de la población sobre las cuestiones ambientales, de modo general, o relacionadas con la limpieza urbana, en particular;
- no hay depósito de residuos industriales en el relleno.

13.9.5 Consideraciones generales

La relación entre los rellenos sanitarios y los créditos de carbono está basada en el hecho de que los proyectos de captación y uso del biogás producido en los rellenos, a través de su quema y transformación en CO₂, son menos onerosos que diversas otras opciones de reducción de la emisión de GEI. En consecuencia, es de esperar que estos proyectos, a ser implementados en rellenos sanitarios, despierten el interés de las principales corporaciones internacionales, como forma de obtener CRE a un precio más accesible.

Los ingresos por los CRE, aunque no se perciban de forma inmediata a la transformación de un basural en un relleno sanitario, podrán servir, a mediano plazo, como verdadera ayuda financiera para las municipalidades, de modo que garanticen la correcta operación de las instalaciones de destino final de los residuos sólidos urbanos. Se resuelve así, definitivamente y a bajo costo, el deber constitucional y moral de las municipalidades de eliminar de forma correcta los residuos producidos en las aglomeraciones urbanas y ofrecer condiciones adecuadas de saneamiento básico a los habitantes de la ciudad que administran.

Finalmente se debe resaltar que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático recién aprobó una nueva metodología para cálculo de emisiones evitadas por medio del proceso de compostaje. Esto puede significar una posibilidad interesante para tornar viables proyectos que agreguen esta forma de tratar los residuos orgánicos con la operación de los rellenos sanitarios. Con eso se puede aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios, reducir la generación de lixiviado y evitar las emisiones de metano, lo que posibilita ingresos por los CRE.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8.418; NB 842 – Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos.

_____. NBR 1.057; NB 1.025 – Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação.

_____. NBR 10.004 – Classifica resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam Ter manuseio e destinação adequados.

_____. NBR 13.896 – Fixa condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas.

_____. NBR 8.419; NB 843 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

_____. NBR 8.849; NB 844 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.

_____. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

ABREU, Maria de Fátima. Do lixo à cidadania: estratégias para a ação. Brasília: CEF, 2001. 94 p.

_____. Serviços de saneamento ambiental. In: FERNANDES, Marlene, ZVEIBIL, Victor Zular, CRESPO, Samyra (Coords.). Cidades Sustentáveis: formulação e implementação de políticas públicas compatíveis com os princípios de desenvolvimento sustentável definidos na Agenda 21. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 1998. v. 2.

ARAÚJO, Lílían Alves de. Ação civil pública ambiental. Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2001.

BARROS, Raphael T. de V. et al. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: [s.n.], 1995.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade (coord.) Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. (Projeto PROSAB)

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade, Povinelli, Jurandyr. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BRASIL. Constituição (1998). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1998. São Paulo: Saraiva, 1998.

CAMPOS, H. K. T.; DUTRA, M. A.; MEIRELES, S. I. Serviços de limpeza urbana; importância e planejamento. In: CURSO de aperfeiçoamento em limpeza urbana, Brasília: ASSEMAE/FNS/MS, 1992.

CHENNA, S. I. M. Modelos tecnológicos para sistemas de coleta e outros serviços de limpeza urbana. In: CURSO modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos; módulo 4. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resoluções nº 001/86, nº 011/86, nº 005/88, nº 006/88, nº 002/91, nº 006/91, nº 008/91, nº 005/93, nº 004/95, nº 237/97, nº 257/99, nº 258/99, nº 275/01 e nº 283/01

CORDEIRO, Berenice de Souza. Comitês de bacias: a inscrição do urbano e do social na gestão dos recursos hídricos. In: CARDOSO, Elizabeth Dezouart, ZVEIBIL, Victor Zular (Orgs.). Gestão metropolitana: experiências e novas perspectivas. Rio de Janeiro: IBAM, 1996. p. 131-149.

CORSAN, Walter H. Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente. 2 ed. São Paulo: Augustus, 1996.

DIAGNÓSTICO de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe. Organización Panamericana de la Salud-OPS, 1997 - 2005.

DIAGNÓSTICO DO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - 2003, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília, MINISTÉRIO DAS CIDADES.SNSSA:IPEA, 2005.

DIAS FILHO, Osmar de Oliveira. Aspectos administrativos e financeiros de sistemas de limpeza urbana. In: CURSO de análise de projetos para gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Decision-maker's guide to solid waste management. S.L., 1989. 155p. (EPA/530-SW-89-072).

EXPERIÊNCIAS INOVADORAS EM SERVIÇOS URBANOS. Rio de Janeiro: IBAM, 1995 - 1996.

INTERNATIONAL directory of solid waste management: 1994/5 The ISWA Yearbook. London: James & James, 1994.

JARDIM, Nilza Silva et al. (coordenação). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. 278 p.

JUSTEN FILHO, Marçal. Concessões de serviços públicos. São Paulo: [s.n.] 1997.

LIMA, José Dantas de. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Inspira Comunicação e Design. Paraíba, 2001.

MANSUR, Gilson Leite, MONTEIRO, José Henrique R. Penido. O que é preciso saber sobre limpeza urbana. 2. ed. Rio de Janeiro: IBAM/MBES, 1993. 128p.

MANUAL de gerenciamento integrado do lixo municipal. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

MANUAL fortalecendo a participação das mulheres nas políticas locais de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: REDEH/BID, 1999.

MEIO AMBIENTE, desenvolvimento sustentável e pobreza. In: Políticas públicas para mulheres no Brasil: balanço nacional cinco anos após Beijing. Brasília: AMB, 2000.

MOTA, Suetônio. Introdução à engenharia ambiental. 2 ed. aum. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

OTERO, Maria Luiza D'almeida et al. Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: INT, 2000. 370p.

PÁDUA, Suzana. Planejamento, processo, produto. In: METODOLOGIA em educação ambiental. Belo Horizonte: [s.n.], 1999. CD-ROM Sistema FIEMG.

PEREIRA NETO, João Tinôco. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Belo Horizonte, UNICEF, 1996. 56p.

PÓLIS: Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais. Coleta seletiva: reciclando materiais, reciclando valores. São Paulo, n. 31, 1998.

PESQUISA NACIONAL de saneamento básico, PNSB, 2000. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. São Paulo.

PROGRAMA lixo e cidadania: Criança no lixo, nunca mais!: manual do promotor público. Brasília: Procuradoria Geral da República, 1999.

PROJETO para recuperação do aterro de Gramacho. [s.l.]: IESA, 1993.

RELATÓRIO sobre desenvolvimento humano no Brasil. Rio de Janeiro: PNUD/IPEA, 1996.

SCHNEIDER, Vânia Elisabete. Et al. Manual de gerenciamento de resíduos sólidos de saúde. São Paulo, CLR Balieiro, 2001.

SENGÉS, Gastão Henrique. Limpeza urbana: métodos e sistemas. Rio de Janeiro, INAM, (1969). 11p.

SISINNO, C . I. Silveira & OLIVEIRA, R. M. Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. 138p.

SKINNER, John H. Waste management principles consistent with sustainable development. In:

VELLOSO, C. H. V. – Capina química em vias e logradouros públicos de Belo Horizonte – PBH/SLU, 1995.

VELLOSO, Cássio H. V. Manejo dos resíduos sólidos urbanos e industriais: redução reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final, In: CURSO de atualização em saneamento. Belo Horizonte: ASSEMAE, 1997.

XAVIER, Hélia Nacif (Coord.). Consulta nacional sobre a gestão do saneamento e do meio ambiente urbano: relatório final. Rio de Janeiro: IBAM/CPU, 1995.

PÁGINAS ELETRÔNICAS

Associação Brasileira de Embalagens de PET – ABEPET (<http://www.abepet.com.br>)

Associação Brasileira da Indústria de Plástico – ABIPLAST (<http://www.abiplast.org.br>)

Associação Brasileira de Celulose e Papel – BRACELPA (<http://www.bracelpa.com.br>)

Associação Brasileira de Embalagens de PET – ABEPET (<http://www.abepet.com.br>)

Associação Brasileira de Materiais Plásticos – PLASTIVIDA (<http://www.abiquim.org.br>)

Associação das Indústrias Automáticas de Vidro – ABIVIDRO (<http://www.abividro.org.br>)

Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (<http://www.bvsde.ops-oms.org>)

Centro de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (<http://www.cepis.ops-oms.org>)

Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE (<http://www.cempre.org.br>)

Empresa Recicladora de Latas de Alumínio – LATASA (<http://www.latasa.com.br>)

Environmental Industry Associations - (<http://www.envasns.org>)

GLOSARIO DE SIGLAS

ABNT	- Asociación Brasileña de Normas Técnicas
ALC	- Región de América Latina y el Caribe
ASCE	- American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)
BID	- Banco Interamericano de Desarrollo
CEPIS	- Centro de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CNEN	- Comisión Nacional de Energía Nuclear
COMLURB	- Compañía de Limpieza Urbana de la Ciudad de Río de Janeiro
CONAMA	- Comisión Nacional del Medio Ambiente
CRE	- Certificados de Reducción de Emisiones
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxígeno
EIA	- Estudio de Impacto Ambiental
EMS	- Environmental Management Secretariat
EPI	- Equipo de Protección Individual
GEI	- Gases de Efecto Invernadero
GIRS	- Gestión Integrada de Residuos Sólidos
IBAM	- Instituto Brasileño de Administración Municipal
IDH	- Índice de Desarrollo Humano
IDRC	- International Development Research Centre of Canada
IPCC	- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LDPE	- Polietileno de Baja Densidad
MDL	- Mecanismo de Desarrollo Limpio
MoU	- Memorandum of Understanding (Memorando de Entendimiento)
ONG	- Organización no Gubernamental
ONU	- Organización de las Naciones Unidas
OPS	- Organización Panamericana de la Salud
PBT	- Peso Bruto Total
PEAD	- Polietileno de Alta Densidad
PET	- Polietileno Tereftalato
PEV	- Puntos de Entrega Voluntaria
PGIRS	- Plan de Gestión Integrada de Residuos Sólidos
PVC	- Policloruro de Vinilo
Rio 92	- Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992 en Río de Janeiro)
SEMA	- Secretariado de Manejo del Medio Ambiente
SISNAMA	- Sistema Nacional del Medio Ambiente
TRR	- Tasa de Recolección de Residuos

Agentes intermediarios: son actores que participan de la comercialización de materiales reciclables intermediando, en general, la venta entre los segregadores y las empresas recicladoras, lo que implica en ganancias financieras más reducidas por parte de los segregadores.

Biogás: gas combustible que se genera naturalmente a partir de la putrefacción de la materia orgánica.

Botadero: lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma indiscriminada sin recibir tratamiento sanitario. Sinónimo de basural, vertedero o vaciadero.

Compostaje: conjunto de procedimientos destinados a transformar residuos sólidos municipales orgánicos biodegradables en compuestos orgánicos.

Desecho: es todo residuo producido por las actividades humanas que no se reaprovecha.

Disposición final: proceso final de manipulación y eliminación de residuos sólidos.

Efecto invernadero: es la absorción en la atmósfera de la tierra de las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie, provocando acumulación de los mismos en la superficie terrestre aumentando, por lo tanto, la temperatura media del planeta. Este fenómeno evita que el calor del sol salga de la atmósfera y retorne para el espacio, produciendo en la escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

Empresa recicladora: empresas que trabajan específicamente con el reciclaje de materiales.

Evaluación de impacto ambiental: procedimiento destinado a identificar e interpretar las consecuencias o efectos de acciones o proyectos públicos o privados que puedan causar impactos al medio ambiente y a la calidad de vida.

Ley orgánica: norma fundamental de la municipalidad que define los niveles de competencia y responsabilidad de los poderes ejecutivo, legislativo y judicial.

Lixiviado: líquido infiltrado y drenado a través de los residuos sólidos que contiene materiales en solución o suspensión.

Manejo de residuos sólidos: toda actividad técnica administrativa de planeamiento, diseño y evaluación, relacionada con el manejo apropiado de residuos sólidos.

Plan director: instrumento legal fundamental de la política de desarrollo y orden del territorio municipal dirigido a la garantía de la función social de la ciudad.

Plan de gestión integrada de residuos sólidos: instrumento técnico para el planeamiento de las acciones ligadas a la limpieza urbana.

Proyecto ejecutivo: es el conjunto de elementos necesarios y suficientes para la ejecución completa de una obra, de acuerdo con las normas técnicas pertinentes.

Residuos municipales: residuos sólidos o semisólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, sea de origen domiciliario, comercial, institucional, de mercados, de establecimientos de salud, de la pequeña industria, del barrido y limpieza de calles y áreas públicas.

Residuos domiciliarios: son los residuos residenciales y comerciales de pequeños generadores.

Servicio indivisible: es un servicio público disponible a todos los contribuyentes que no puede ser mensurado tomando como base el uso individual de cada ciudadano.

Servicio de limpieza urbana: engloba todas las actividades relacionadas con el manejo de los residuos sólidos: acondicionamiento, recolección, transporte, transferencia, limpieza de vías públicas, recuperación de materiales reciclables, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Residuos sanitarios: son todos los residuos generados por instituciones de atención de salud. Sinónimo de residuos de servicios de salud y residuos de establecimientos de salud.

Instituciones de atención de salud: hospital, laboratorio, sanatorio, clínica, clínica veterinaria, centro médico y todo aquel establecimiento donde se practique en cualesquiera de los niveles de atención humana o animal de salud con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación.

Medidas compensatorias: son aquellas destinadas a compensar a la sociedad o a un grupo social por el uso de recursos ambientales no renovables, o por los impactos ambientales negativos inevitables.

Planta: son los terrenos, estructuras, obras y mejoras del terreno donde se procesan los residuos sólidos.

Segregador: persona que se dedica a la segregación de los materiales reciclables de la basura y que tiene diferentes denominaciones: cartonero, reciclador, ciruja, pepenadores, segregadores, etc.

Tesoro municipal: equivale a presupuesto municipal.

Tecnología limpia: es la tecnología que al ser aplicada no produce efectos secundarios o transformaciones al equilibrio ambiental o a los sistemas naturales.